

DOI 10.37882/2223-2966.2024.9.07

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ГРУППОВОМ СПАСЕНИИ ЛЮДЕЙ ИЗ НЕПРИГОДНОЙ ДЛЯ ДЫХАНИЯ (ЗАДЫМЛЕННОЙ) СРЕДЫ

ALGORITHM FOR CALCULATING
THE MOVEMENT OF GAS-SMOKE
PROTECTION SERVICE UNITS
DURING GROUP RESCUE OF PEOPLE
FROM UNBREATHABLE (SMOKEY)
ENVIRONMENTS

*M. Voronov
A. Ishchenko*

Summary. The main reasons for group deaths in a fire are blocking escape routes due to loss of visibility in combination with complex escape routes, as well as the absence of openings with an exit directly to the outside. The only way to rescue in this situation remains rescue with the help of gas and smoke protection service units through complex evacuation routes, which imposes certain restrictions on the number of people that can be saved. An algorithm for calculating the movement of gas and smoke protection service units during group rescue of people from an environment unsuitable for breathing (smoky) is presented. It is noted that to describe more complex routes, it is necessary to use a network graph model, where each of the rescue options will be calculated by the presented algorithm.

Keywords: rescue of people, group death, smoke, fire extinguishing, traffic calculation, gas and smoke protection service, traffic pattern.

Воронов Максим Андреевич
Адъюнкт, Академия государственной
противопожарной службы МЧС России
Voronov0509@gmail.com

Ищенко Андрей Дмитриевич
доктор технических наук, профессор, Академия
государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Основными причинами групповой гибели людей на пожаре является блокирование путей эвакуации в результате потери видимости в комбинации со сложными путями эвакуации, а также отсутствие проемов с выходом непосредственно наружу. Единственный способ спасения в данной ситуации остается спасение с помощью звеньев газодымозащитной службы через сложные пути эвакуации что накладывает определенные ограничения на количество людей которое возможно спасти. Представлен алгоритм расчета движения звеньев газодымозащитной службы при групповом спасении людей из непригодной для дыхания (задымленной) среды. Отмечено, для описания более сложных маршрутов, требуется применение сетевой модели графов, где каждый из вариантов спасения будет рассчитываться представленным алгоритмом.

Ключевые слова: спасение людей, групповая гибель, задымление, тушение пожара, расчет движения, газодымозащитная служба, схема движения.

Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты должна предусматривать возможность эвакуации людей до начала воздействия на них первого из опасных факторов пожара. При этом предусматривается, что находящиеся в помещениях люди по мере доведения до них сигнала об опасности незамедлительно и самостоятельно покидают потенциально опасную зону. Однако, ряд обстоятельств как организационно-технического, так и поведенческо-психологического характера приводят к задержке эвакуации. В подавляющем большинстве случаев несвоевременная эвакуация происходит из помещений, где нет очага пожара. Задержка начала эвакуации на фоне распространения по путям эвакуации опасных факторов пожара приводит к блокированию людей в помещениях. При этом, чаще всего, помещения, прилегающие к путям эвакуации постепенно начинают заполняться продуктами горения (дымом). Если заблокированные помещения

не имеют проемов во внешних стенах здания, либо невозможно осуществить извлечение людей с помощью технических средств непосредственно наружу здания при помощи пожарной высотной техники, остается возможность спасения людей пожарными с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), путем вывода (выноса) спасаемых.

К примеру, к вышесказанному можно привести пожар в г. Кемерово к 25 марта в 16:04 по местному времени 2018 года произошел пожар в торгово-развлекательном центре «Зимняя Вишня». Первые пожарные подразделения прибыли через 5 минут. В торгово-развлекательном центре на четвертом этаже располагались помещения кинотеатра, в двух из которых на момент возникновения пожара проходили киносеансы. Пожарная сигнализация не сработала, что не позволило организовать своевременную эвакуацию, зрители кинозала №2 оказались

блокированы. В ходе спасательных работ из 38 человек находившихся в данном помещении, удалось спасти только одного. В результате пожара погибло 60 человек, 37 из которых дети и 79 человек пострадало [1].

Основными факторами гибели людей на пожаре является токсичность продуктов горения, высокая температура, контакт с открытым пламенем, обрушение строительных конструкций, недостаток кислорода [2]. Причинами групповой гибели людей на пожаре становятся сложные пути эвакуации и потеря видимости, что не позволяет группе людей произвести самостоятельную эвакуацию из помещения, где еще не наступила критическая концентрация опасных факторов пожара (ОФП), спасение людей из данных помещений организуется газодымозащитной службой (далее ГДЗС) с использованием СИЗОД.

При работе в СИЗОД звенья ГДЗС состоят из трех-четырёх газодымозащитников, при проведении действий по спасению людей и при простой планировке допускается по решению руководителя тушения пожара сокращать звено до двух газодымозащитников. В минимальное оснащение звена ГДЗС входит спасающее устройство на каждого газодымозащитника [6]. Однако при выводе (выносе) спасаемых из НДС звено за один заход способно спасти только одного пострадавшего. Ограниченность звена обусловлено многими факторами:

- большой вес боевой одежды пожарных и СИЗОД ограничивает физические возможности пожарных и требует больших затрат энергии человека даже при продвижении к спасаемому;
- возможная большая масса спасаемого не позволяет его перемещать одному пожарному и требует больших физических затрат;
- ограниченный запас воздуха в баллонах не позволяет каждому газодымозащитникам подключать спасаемое устройство и лишает звено маневра в нештатной ситуации;
- необходимость учитывать возможный отказ в работе СИЗОД у газодымозащитников для подключения к одному дыхательному аппарату двух газодымозащитников;
- непредвиденные ситуаций связанные как с конфигурацией зданий, ОФП, а также и психологическими факторами, как пожарных, так и спасаемых.

Пренебрежение правила одно звено один спасаемый ставят под угрозу не только жизни спасаемых людей, но и самих пожарных.

Если в заблокированном продуктами горения помещении находится несколько человек, то тактика действий, как правило, остается такой же — «одно звено — один человек».

Рассмотрение возможных вариаций в зависимости от состояния и числа спасаемых, размеров и конфигурации помещения, числа и размеров выходов:

- все звенья зашли и по очереди выходят;
- вход по одному с выходом и входом следующего;
- «очередь».

Помимо вариации по входу в помещение, существуют различные алгоритмы продвижения, к примеру продвижение либо по левой или правой руке.

Вариация движения звеньев ГДЗС определяется руководителем тушения пожара. В случае если данной алгоритм не определен, то командир звена самостоятельно определяет вариацию продвижения своего звена. Возможности газодымозащитной службы ограничены, при работе звеньев ГДЗС на их эффективную работу влияют очень много различных факторов. Одним из основных факторов который замедляет работу звеньев является снижение видимости в результате плотного задымления [3]. Потеря видимости дезориентирует звенья. Потеря видимости до трех метров снижает скорость продвижения звеньев ГДЗС на 25 % [4]. При полной потери видимости, пожарным приходится в буквальном смысле передвигаться ползком, используя для ориентации в местности алгоритмы правой или левой руки, при этом скорость движения газодымозащитников падает до 4–5.5 м/мин [5]. При потере видимости повышается вероятность получения травм не только для людей, которых необходимо спасать, но и для самих газодымозащитников. Кроме того, также на пожарных в НДС оказывают влияние следующие факторы:

- повышенная температура;
- геометрические характеристики здания;
- оснащённость звена ГДЗС;
- подготовленность и слаженность в работе газодымозащитников.

Поскольку продукты горения поступают в помещение с нуждающимися в спасении людьми извне, как правило с путей эвакуации, по которым и подходят пожарные в СИЗОД, то открытие проема (проемов) для входа и выхода неминуемо приводит к усиленному поступлению продуктов горения. Поэтому в зависимости от состояния людей, степени задымленности и скорости поступления продуктов горения извне может быть принят различный порядок прохода через проемы. Однако, во всех случаях концентрация продуктов горения в результате открытия проемов в помещении будет увеличиваться, что повышает риск причинения вреда здоровью и снижает время на проведение спасения. Данная проблема изучалась коллективом авторов при проведении эксперимента в статье «Особенности работы звеньев газодымозащитной службы при массовом спасении людей» [5]. В эксперименте за основу был взят пример кинотеатра ТРЦ «Зимняя вишня», для изучения тактических

возможностей пожарно-спасательных подразделений при спасении группы людей. Маршруты движения были выбраны по аналогии с трагическим пожаром, произошедшим 25 мая 2018 года. При проведении эксперимента исследователи учитывали, что пострадавший не в состоянии самостоятельно передвигаться, и как описывал выше, одно звено, состоящее из двух газодымозащитников спасает одного пострадавшего. Произведена имитация задымления, максимально приближенной к 100 % потери видимости.

При моделировании, скорость продвижения газодымозащитников принимали 5.4 метра/мин без пострадавшего, и 2.7 метра/мин с пострадавшим. Во время эксперимента звенья ГДЗС поочередно друг за другом продвигались к пострадавшим, ориентируясь по спасательной веревке, двигаясь по кратчайшему маршруту. После нахождения спасаемого его транспортировка осуществлялась без надевания спасаемого устройства. Запас воздуха у газодымозащитников был условно принят неограниченным для организации безостановочного процесса спасения.

В результате для частного случая были получены показатели, которые показывают, что даже при достаточном количестве сил и средств при проведении спасения группы людей из 18 человек, время на спасение людей недостаточно, время между первым спасенным и последним более 20 минут. Также, немало важным событием, которое было замечено, это скопление звеньев ГДЗС и затрудненное движение за счет встречных потоков в проходах в помещении, эмитирующего зал кинотеатра. Главным выводом проведенного эксперимента: достаточность количества сил и средств ГДЗС не является ключевым, для организации спасения неограниченного количества людей.

В то же время, не представлена методика обоснования тактических возможностей звеньев ГДЗС при массовом спасении людей из непригодной для дыхания среды в зависимости от состояния и числа спасаемых, размеров и конфигурации помещения, числа и размеров выходов. Для того, чтобы обосновать тактические возможности звеньев ГДЗС, следует также учитывать поступление продуктов горения в помещение с нуждающимися в спасении людей в зависимости от их состояния, степени задымленности путей эвакуации и скорости поступления продуктов горения извне, что влияет на время спасения.

При осуществлении действий по предварительному планированию с целью определения состава привлекаемых для проведения аварийно-спасательных работ сил, следует учитывать указанные выше факторы, так как они будут требовать резерва, в дополнение к существующим сегодня подходам по определению потребности в силах и средствах пожарной охраны.

Разработка алгоритма моделирования движения звеньев газодымозащитной службы

Для наглядности рассмотрим рисунок 1, на котором схематично показано движение звеньев ГДЗС. При условии широкого коридора. Затормозит возникать в результате ширины дверного проема меньше ширины двух звеньев ГДЗС и время задержки в случае встречи двух звеньев будет равно времени, которое необходимо звену для прохождения расстояния равному длине звена.

$$t_{\text{зад}} = l_{\text{зв}} * V \quad (1)$$

Где: $l_{\text{зв}}$ — длина звена ГДЗС, м; V — скорость продвижения звеньев ГДЗС м/мин.

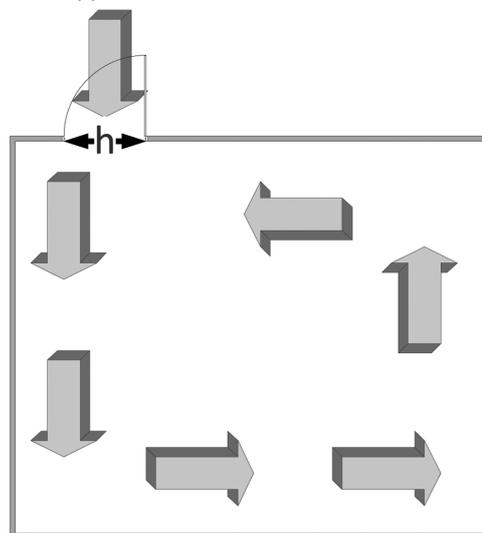


Рис. 1. Схема движение газодымозащитников через дверной проем

В случае если при спасении людей из помещения коридор после помещения будет меньшей ширины чем ширина двух звеньев ГДЗС как это было во время пожара в ТРЦ «Зимняя Вишня» то схема движения звеньев ГДЗС будет как на рисунке 2. Время задержки звеньев при встречном потоке, будет равно времени необходимому для преодоления коридора и расстояния равной длине звена ГДЗС.

$$t_{\text{зад}} = (l + l_{\text{зв}}) * V \quad (2)$$

Где: $l_{\text{зв}}$ — длина звена ГДЗС, м; l — длина коридора, м; V — скорость продвижения звеньев ГДЗС м/мин.

Основополагающей математической модели является: скорость движения звеньев газодымозащитной службы, удаленности пострадавшего от места включения звена ГДЗС, а также времени на задержку (время ожидания очередности при входе в НДС, а также время ожидания упаковки (приведение пострадавшего в транспортное положение). Исходя из вышесказанного, формула времени спасения одного пострадавшего примет вид:

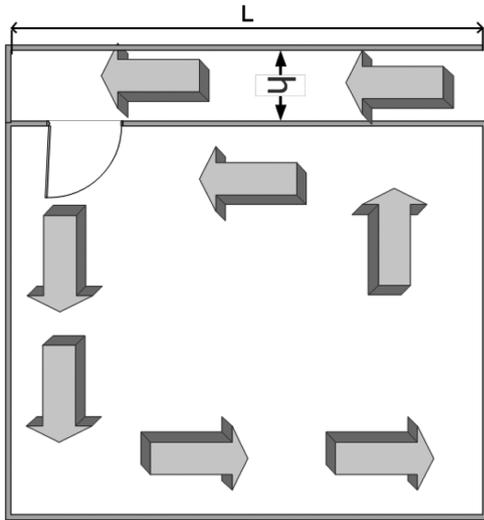


Рис. 2. Схема движения газодымозащитников через коридор

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \tag{1}$$

Где: T_1 — время включения звена газодымозащитной службы в дыхательные аппараты (нормативное время включения 1 минута), мин; T_2 — время очередности входа в НДС, а также получения задачи от РТП, мин; T_3 — время движения к пострадавшему а также его поиск (зависит от выбранного спасения), мин; T_4 — время на упаковку пострадавшего в транспортное положение, мин; T_5 — время возвращения с пострадавшим и выход из НДС, мин.

$$T_2 = L/V_{зб} + T^i \tag{2}$$

Где: L — длина пути, м; $V_{зб}$ — скорость звена газодымозащитной службы, м/мин; T^i — время создаваемое ожиданием в узком проеме, мин.

Время движения к пострадавшему T_3 высчитывается как сумма времени затраченное на преодоление каждого отдельного участка. Для наглядности на рисунке 3 изображено 3 участка А, Б, В, ведущие к двум пострадавшим.

Скорость движения звеньев газодымозащитной службы на участке «А» (движение по горизонтальной поверхности) примем как V_a , скорость движения газодымозащитной службы на участке «Б» (движение по лестничной клетке) примем как $V_б$, скорость движения на участке «В» (движение по горизонтали) прием как $V_в$. Тогда время движения звеньев ГДЗС к пострадавшему будет высчитываться по формуле.

$$T_3 = L_A/V_a + L_б/V_б + L_в/V_в \tag{3}$$

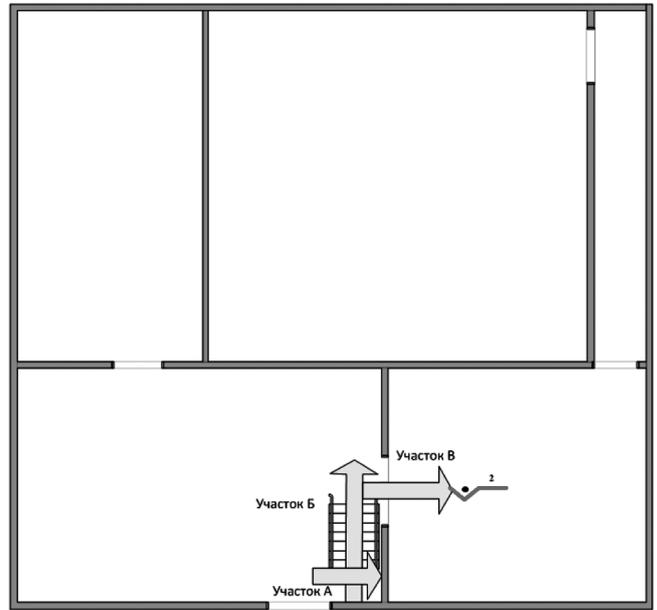


Рис. 3. Маршрут движения звена ГДЗС к двум пострадавшим

Где: $L_A, L_б, L_в$ длины участков А, Б, В указанных на рисунке 3, м.

Функция зависимости перемещения звеньев газодымозащитной службы от времени в системе координат примет следующую форму, рисунок 4.

Функции зависимости движения двух звеньев ГДЗС движущихся по одному маршруту до нахождения пострадавшего, идентичны. Когда первое звено находит пострадавшего, приступает к его упаковке. Второе звено, добравшись до пострадавшего ожидает первое звено, и только после окончания упаковки первого пострадавшего приступает к упаковке второго пострадавшего в транспортабельное положение, как это было продемонстрировано в эксперименте [5]. Разница времени входа первого и второго звена между разницей выхода этих звеньев будет равно времени ожидания упаковки вторым звеном.

Для большей наглядности составим диаграмму движения 9 звеньев ГДЗС (Рисунок 5).

На Рис. 5 представлено время задержки пострадавших при упаковке, что и было получено в результате эксперимента, описанного выше, однако данный алгоритм позволяет описать процессе спасения людей только по одному маршруту. Для описания более сложных маршрутов, требуется применение сетевой модели графов, где каждый из вариантов спасения будет рассчитываться алгоритмом, указанным выше.

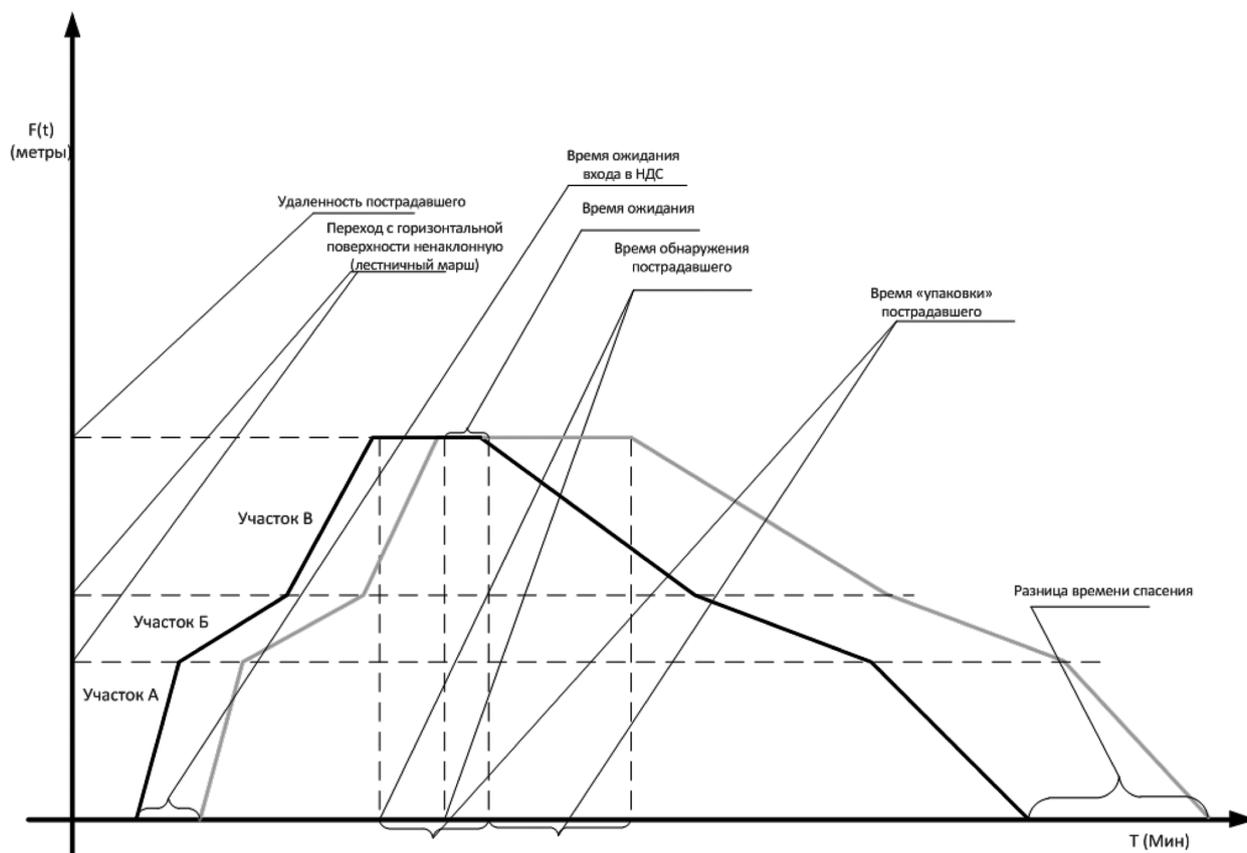


Рис. 4. График зависимости удаленности газодымозащитников от места включения

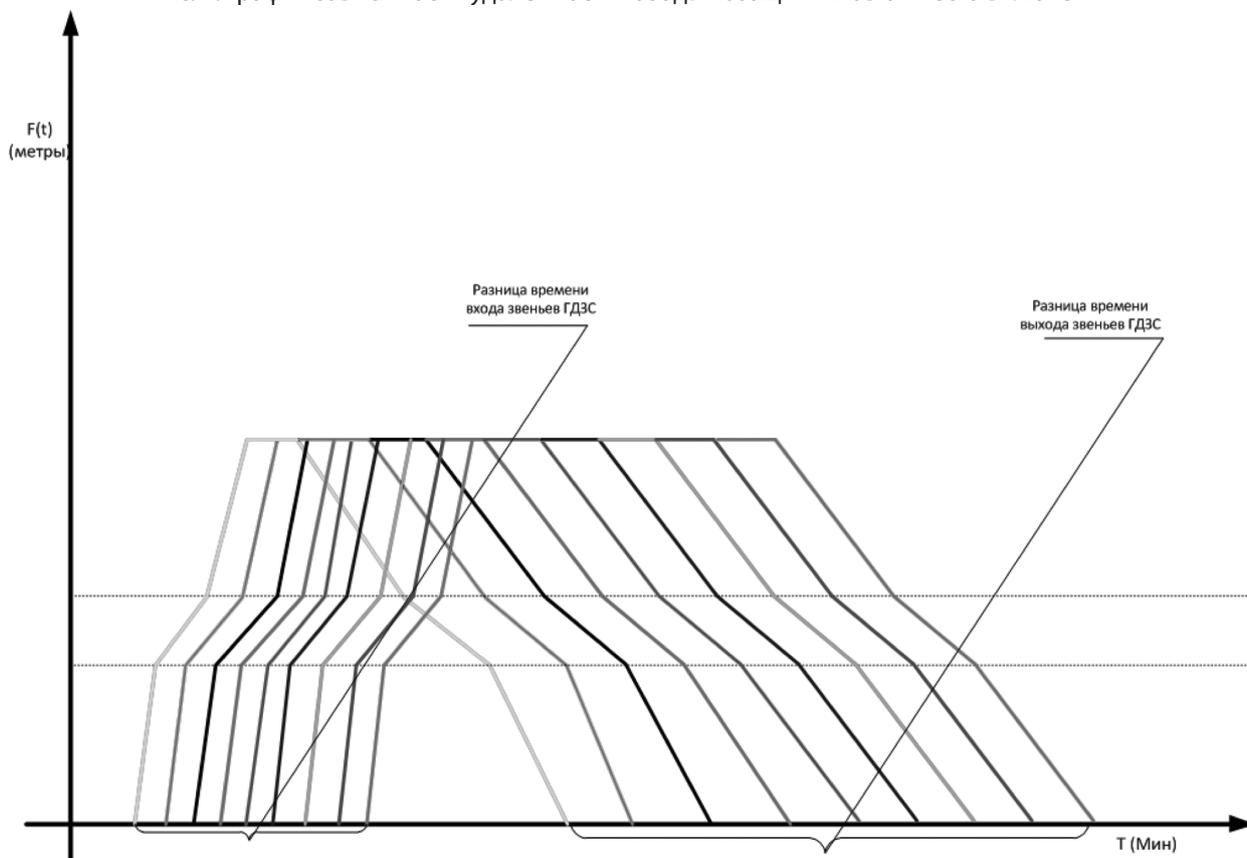


Рис. 5. График зависимости удаленности газодымозащитников от места включения для 9 звеньев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лежнин А. Кемерово. О трагедии без эмоций // Пожарное дело. 2018. № 3. С. 6–13.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: Статистический сборник / П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, В.С. Гончаренко, Т.А. Четчина, В.И. Сибирко, С.И. Мартемьянов, О.В. Надточий // Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П 46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.
3. Чистяков И.М., Кичайкин В.В., Краснов И.А., Погожин Д.П. Влияние снижения видимости на пожаре на работу звеньев ГДЗС // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (7). Т. 1. С. 346–347.
4. Чистяков И.М., Кичайкин В.В., Краснов И.А., Погожин Д.П. Влияние снижения видимости на пожаре на работу звеньев ГДЗС // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. №1 (7). С. 346–347.
5. Смыгалин С.Н., Ищенко А.Д., Коршунов И.В., Смагин А.В., Шурыгин М.А., Габдуллин В.Б. Особенности работы звеньев газодымозащитной службы при массовом спасении людей // Технологии техносферной безопасности. 2022. № 2 (96). С. 20–33.
6. Приказ МЧС России от 27 июня 2022 г. N 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны». UR<https://base.garant.ru/404977659/> (дата обращения: 18.07.2024.).

© Воронов Максим Андреевич (Voronov0509@gmail.com); Ищенко Андрей Дмитриевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»