Fenix+

Техническое руководство. Моделирование эвакуации

АО «Современные программные технологии»

3.7.1

mst
цифровые решения
в пожарной безопасности

Содержание

1 Введение **2**
1.1 Предупреждение об использовании 2
1.2 Обзор 3
1.3 Процедура моделирования 3

2 Геометрия **4**
2.1 Пространство для движения 4
2.2 Граница 9
2.3 Препятствие 11
2.4 Чекпойнт 15

3 Планирование пути **16**
3.1 Выбор границы 16
3.2 Навигационный граф 18

4 Движение людей **20**
4.1 Скорость движения 20
4.2 Интенсивность движения 23
4.3 Движение через проем 25
4.4 Выбор направления движения 25

1. Введение

1.1. Предупреждение об использовании

АО «Современные программные технологии» не дает никаких гарантий, выраженных или подразумеваемых, пользователям приложения Fenix+ 3 и не несет никакой ответственности за использование приложения.

Пользователи приложения Fenix+ 3 несут полную ответственность за использование приложения, за результаты, полученные при помощи данного приложения, а также за выводы, сформированные на основе полученных результатов.

Приложение Fenix+ 3 предназначено для использования специалистами, компетентными в области пожарной безопасности.

Приложение Fenix+ 3 служит только для дополнения обоснованного мнения квалифицированного специалиста. Все результаты, полученные с помощью данного приложения, перед использованием должны оцениваться квалифицированным пользователем.

1.2. Обзор

Fenix+ - комплексный инструмент для моделирования эвакуации людей, динамики развития пожара и выполнения различных видов пожарно-технических расчетов. В том числе расчет пожарных рисков по методикам 1140 и 533, расчеты по обоснованию противопожарных расстояний, и другие.

Fenix+ состоит из следующих основных компонентов:

- графический интерфейс с 3D-редактором сцены;
- модуль моделирования эвакуации;
- модуль моделирования динамики развития пожара;
- средства просмотра и анализа результатов моделирования эвакуации и пожара (как отдельно, так и совместно);
- модуль подготовки отчета о выполненных расчетах.

Для моделирования эвакуации в Fenix+ реализована индивидуально-поточная модель движения людей.

Особенностью реализованной модели является то, что моделируется движение отдельных людей, обладающих индивидуальными характеристиками (контингент, цель, поведение). При этом характеристики движения каждого человека (например, скорость движения) определяются всеми людьми (людским потоком) в окрестности человека, а также типом и геометрическими харатеристиками пути, по которому происходит движение.

1.3. Процедура моделирования

В этом разделе приведены основные этапы процедуры моделирования эвакуации людей. Детали каждого этапа описаны в соответствующих разделах.

1. Анализ модели здания.
   1.1. Определение областей, в которых возможно движение людей.
   1.2. Определение смежных областей и границ, их соединяющих.
   1.3. Формирование навигационных графов границ.
   1.4. Формирование путевых графов.
   1.5. Планирование пути каждого человека.

2. Главный цикл моделирования.
   2.1. Переход к следующему шагу моделирования, инициализация необходимых переменных.
   2.2. Анализ эвакуационной ситуации для каждого человека.
   2.2.1. Определение набора людей, находящихся в окрестности человека.
   2.2.2. Определение расположения препятствий в окрестности человека.

2.2.3. Расчет локальной плотности потока в окрестности человека.
2.2.4. Определение скорости движения человека.
2.2.5. Определение вероятностей выбора направления движения и следующего положения человека.
2.3. Движение каждого человека.
2.3.1. Выбор направления движения.
2.3.2. Проверка отсутствия коллизий и столкновений с другими людьми и препятствиями.
2.3.3. Проверка возможности движения через чекпойнт.
2.3.4. Перемещение человека в новое положение.
2.3.5. Проверка необходимости и изменение границы, к которой будет двигаться человек.
2.4. Сохранение данных о шаге моделирования в выходных файлах.
2.5. Проверка критериев останова моделирования.

3. Постобработка и сохранение общих результатов моделирования.
   3.1. Данные о прохождении людей через регистраторы.
   3.2. Суммарная иннформация об эвакуации сценария.

1.3.1. Факторы, влияющие на время выполнения этапов

Этапы анализа модели здания и главный цикл моделирования являются наиболее продолжительными этапами моделирования и зависят от количества объектов в модели. Размер модели играет меньшую роль.

Этап анализа модели здания в большей степени определяется количеством этажей, площадок и перекрытий, лестниц и пандусов, дверей и проемов, выходов и путевых точек.

Этап главного цикла моделирования в большей степени определяется количеством людей в здании.

В зависимости от модели большую часть времени моделирования может составлять как этап анализа модели, так и главный цикл моделирования.

2. Геометрия

2.1. Пространство для движения

В Fenix+ используется трехмерная модель здания (3D-модель).

Для моделирования движения людей вся 3D-модель разделяется на двумерные **области**. **Область** - часть пространства здания, в которой человек может дойти

из любой точки в любую другую точку этой же области. При этом человек двигается по пути одного и того же типа (горизонтальный путь, лестница вверх и т.д.). У каждой области есть граница области, за пределы которой человек не может выйти.

Области соединяются **границами**. Чтобы попасть из одной области в другую, человек должен пройти через границу их соединяющую.

> **Примечание.**
> Не следует путать границу области, и границу, соединяющую области. Хотя в частных случаях они могут на некоторой протяженности совпадать, их значение для моделирования различное.
> Далее в тексте под понятием **граница** всегда подразумевается именно граница, соединяющая области. Если необходимо, сочетание **граница области** всегда употребляется как единое понятие.

Одна граница может соединять только две области. Области, соединенные границей, называются **смежные области**. Смежные области могут соединяться несколькими границами.

Области бывают двух типов, алгоритм движения людей по которым различается:

- горизонтальные области и
- наклонные области.

Граница может соединять только области разного типа.

2.1.1. Горизонтальные области

Горизонтальные области формируются элементами сцены “Этаж”, “Перекрытие” и “Площадка”.

Горизонтальные области характеризуются высотой (координата вдоль оси Z), на которой расположены формирующие элементы. Для элемента “Этаж” это свойство “Уровень”, а для элементов “Перекрытие” и “Площадка” - свойство “Верхний Z”.

Области формируются для всех уровней расположения элементов.

Причем для одной высоты может быть сформировано несколько горизонтальных областей.

Горизонтальные области могут быть неограниченными (область, в которой человек теоретически может попасть в любою, сколь угодно удаленную от начального расположения точку) и ограниченными.

В горизонтальной области люди могут двигаться везде в пределах границы области кроме участков, где расположены препятствия.

2.1.1.1. Горизонтальные области, формируемые элементом “Этаж” Если на некоторой высоте расположен элемент “Этаж”, то именно этаж формирует горизонтальную область вне зависимости от того, есть ли на этой высоте другие элементы типа “Перекрытие” или “Площадка”.

Области, формируемые элементом “Этаж” могут быть как неограниченными так и ограниченными.

Неограниченная область как правило формируется для этажей, имеющих выходы наружу из здания. Например, на первом этаже здания.

Ограниченные области как правило формируются на вышележащих этажах.

Если область неограничена, то её граница представляет собой прямоугольник, размер которого определяется элементами, расположенными на этаже. Все элементы, расположенные на этаже, должны находиться внутри области, и расстояние до сторон прямоугольника должно быть не меньше 1 м.

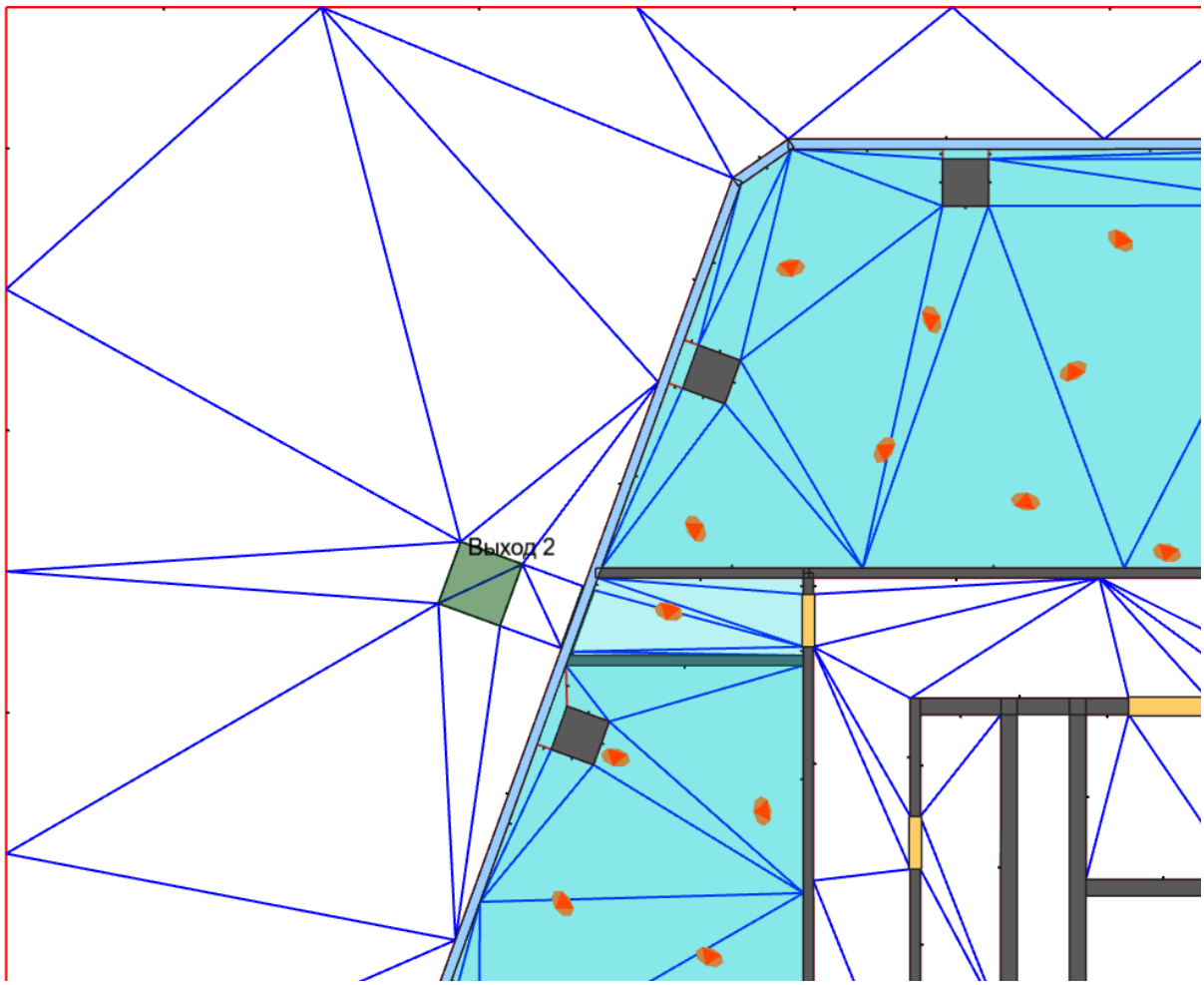


Рис. 1: Неограниченная область

Если область ограничена, то её граница представляет собой полигон, стороны которого совпадают с ограничивающими препятствиями.

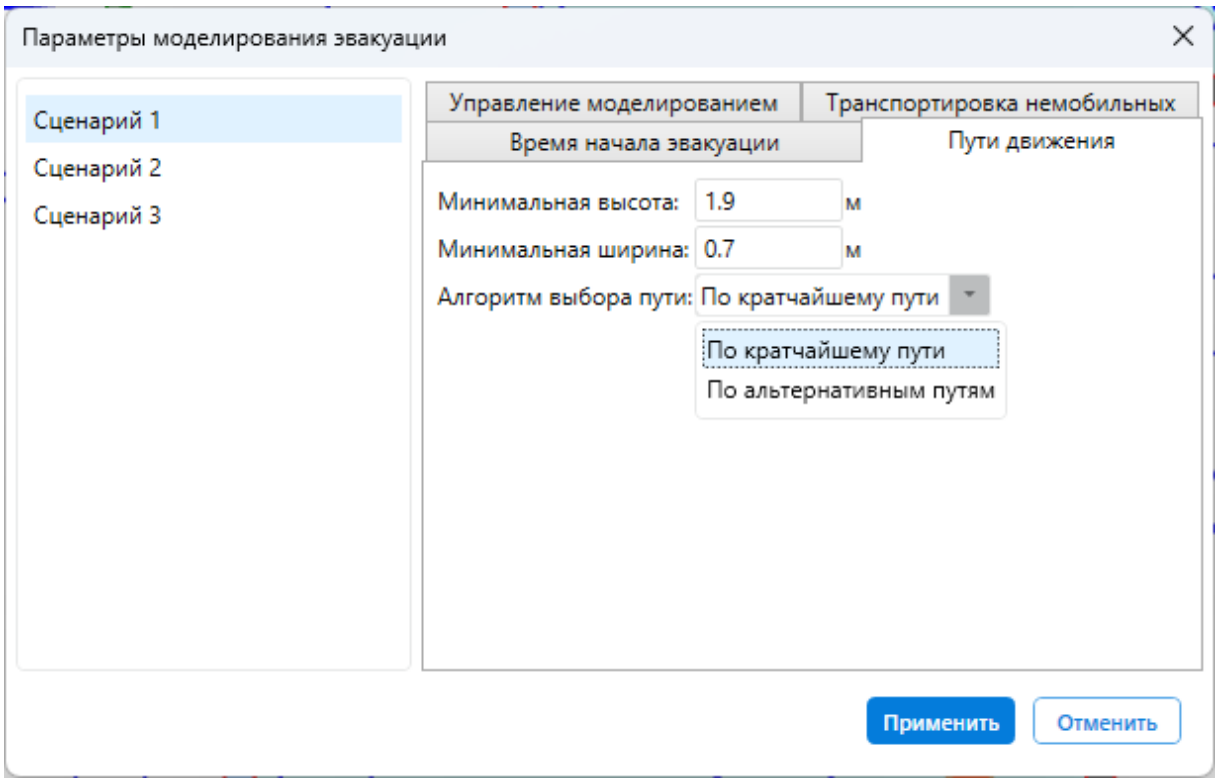


Рис. 2: Ограниченная область

2.1.1.2. Горизонтальные области, формируемые элементами “Перекрытие” и “Площадка” С точки зрения формирования областей, элементы “Перекрытие” и “Площадка” эквивалентны.

Если на некоторой высоте находится несколько “Перекрытий” или “Площадок”, то они объединяются в группы, в каждой из которых контуры элементов пересекаются или хотя бы касаются. Для каждой такой группы формируется область.

Области, формируемые элементами “Перекрытие” и “Площадка” всегда ограниченные.

Граница области, сформированная элементами “Перекрытие” и “Площадка” представляет собой внешний контур фигуры, образованный пересекающимися элементами.

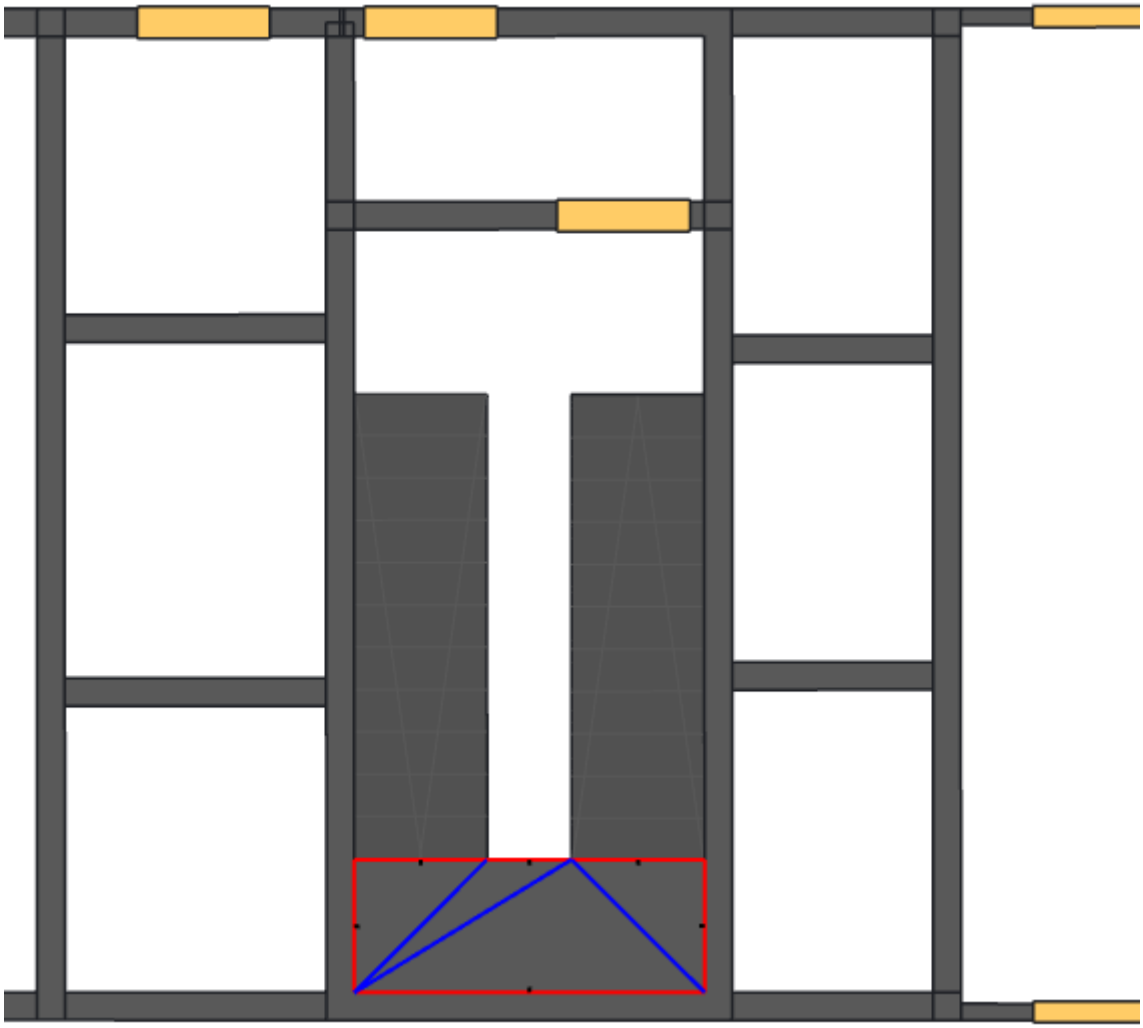


Рис. 3: Область одиночной площадки

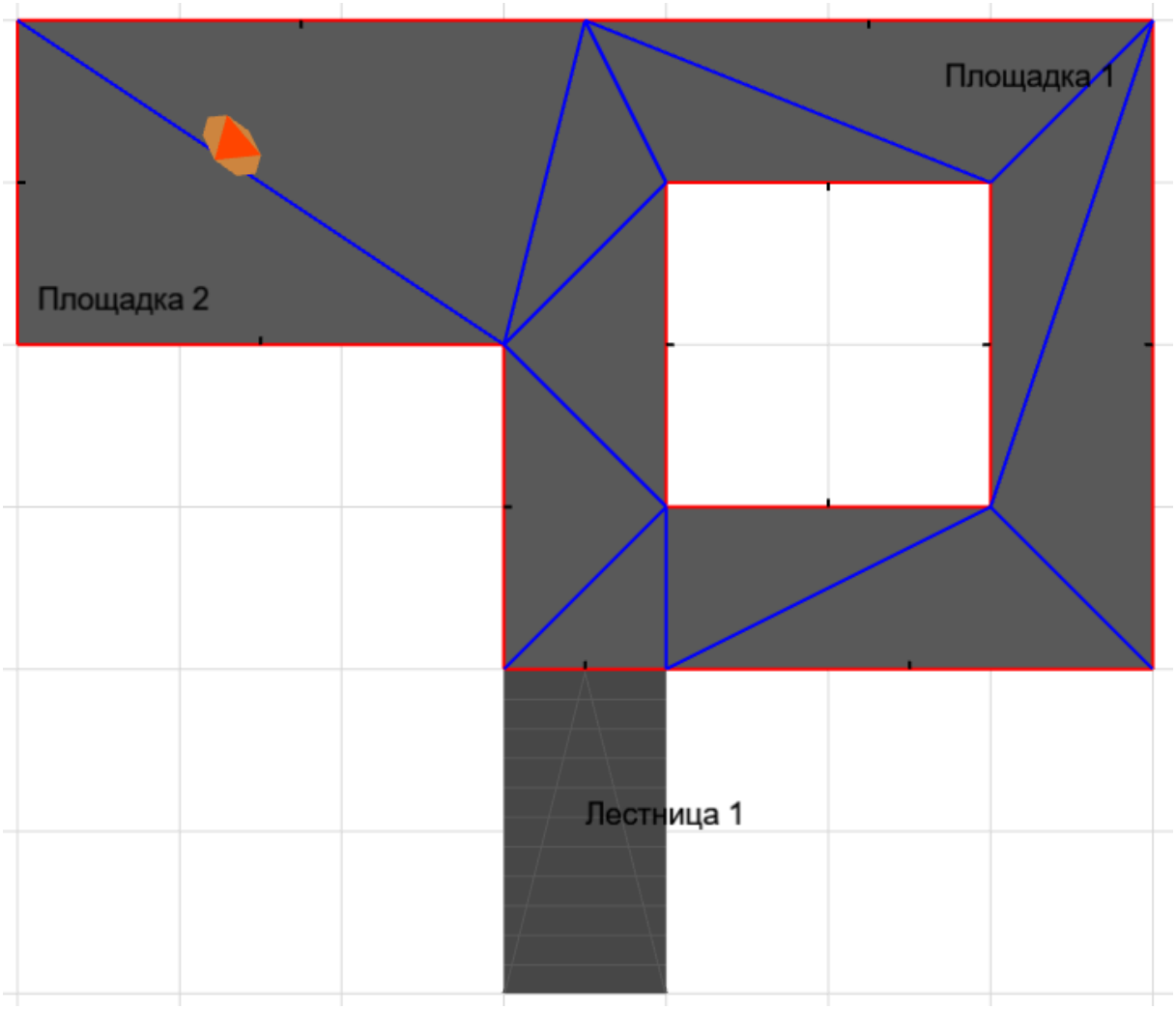


Рис. 4: Область нескольких соприкасающихся площадок

2.1.2. Наклонные области

Наклонные области формируются элементами сцены “Лестница” и “Пандус”.

Лестницы и пандусы бывают двух типов:

- прямые и
- винтовые.

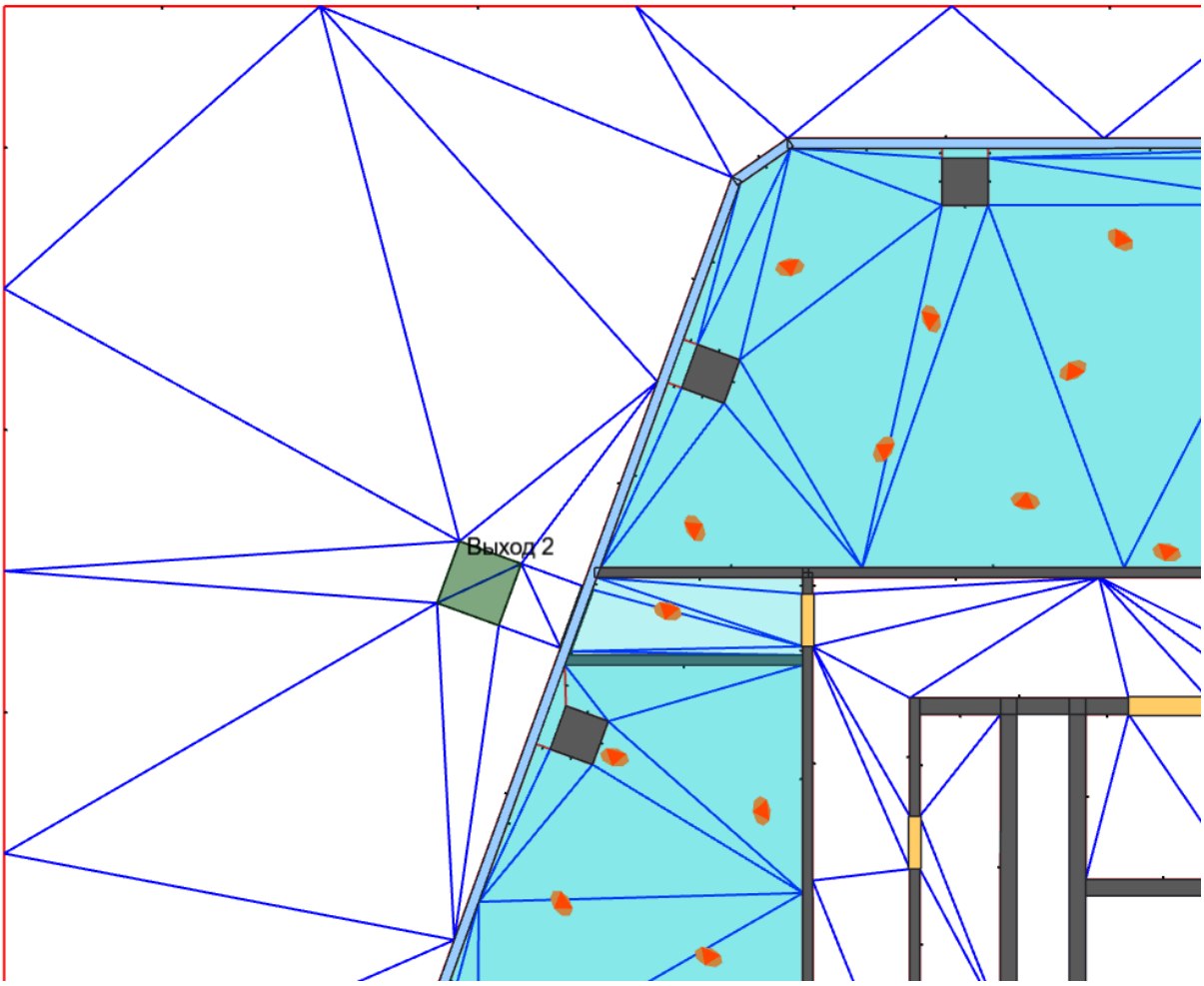
Граница наклонной области в отличие он границы горизонтальной области не имеет какого-либо графического представления.

2.2. Граница

Граница - специальный объект, к которому двигаются люди в процессе эвакуации: выходы, нижний и верхний край лестницы или пандуса, путевая точка.

Границы, образованные краями лестниц и пандусов, соединяют две области. При переходе через такую границу, меняется тип пути, по которому движется человек. Достигнув границу лестницы человек выбирает следующую границу, к которой осуществляет движение.

Границы, образованные выходами, являются конечной точкой движения человека. Достигнув такой границы человек считается эвакуировавшимся и исключается из моделирования. Такие границы могут находиться только на горизонтальных областях. Границы, образованные выходами, на навигационном графе отображаются ребрами зеленого цвета:



Границы, образованные путевой точкой, не соединяют области подобно лестницам, и могут находиться только на горизонтальных областях подобно выходам, но являются промежуточными - достигнув их, человек выбирает следующую границу.

Для каждой границы, при движении к которой человек двигается по горизонтальному пути, строится **навигационный граф** в области. Навигационный граф содержит информацию о расстоянии и кратчайшем направлении до границы из точек области.

Все границы образуют образуют единый **путевой граф**. Путевой граф содержит информацию о расстоянии от каждой границы до выхода.

2.3. Препятствие

Препятствие - любой объект, который делает невозможным нахождение или движение людей в некоторой области пространства.

Самыми очевидными препятствиями являются любые материальные объекты: стены, твердые тела, лестницы, перекрытия, площадки. Понятно, что движение человека и даже его нахождение в точке пространства, занятого материальным объектом, невозможно.

На навигационном графе препятствия отображаются красными ребрами.

Маленький черный отрезок, расположенный посередине ребра, направлен в сторону, свободную от препятствий - в область, где возможно движение людей.

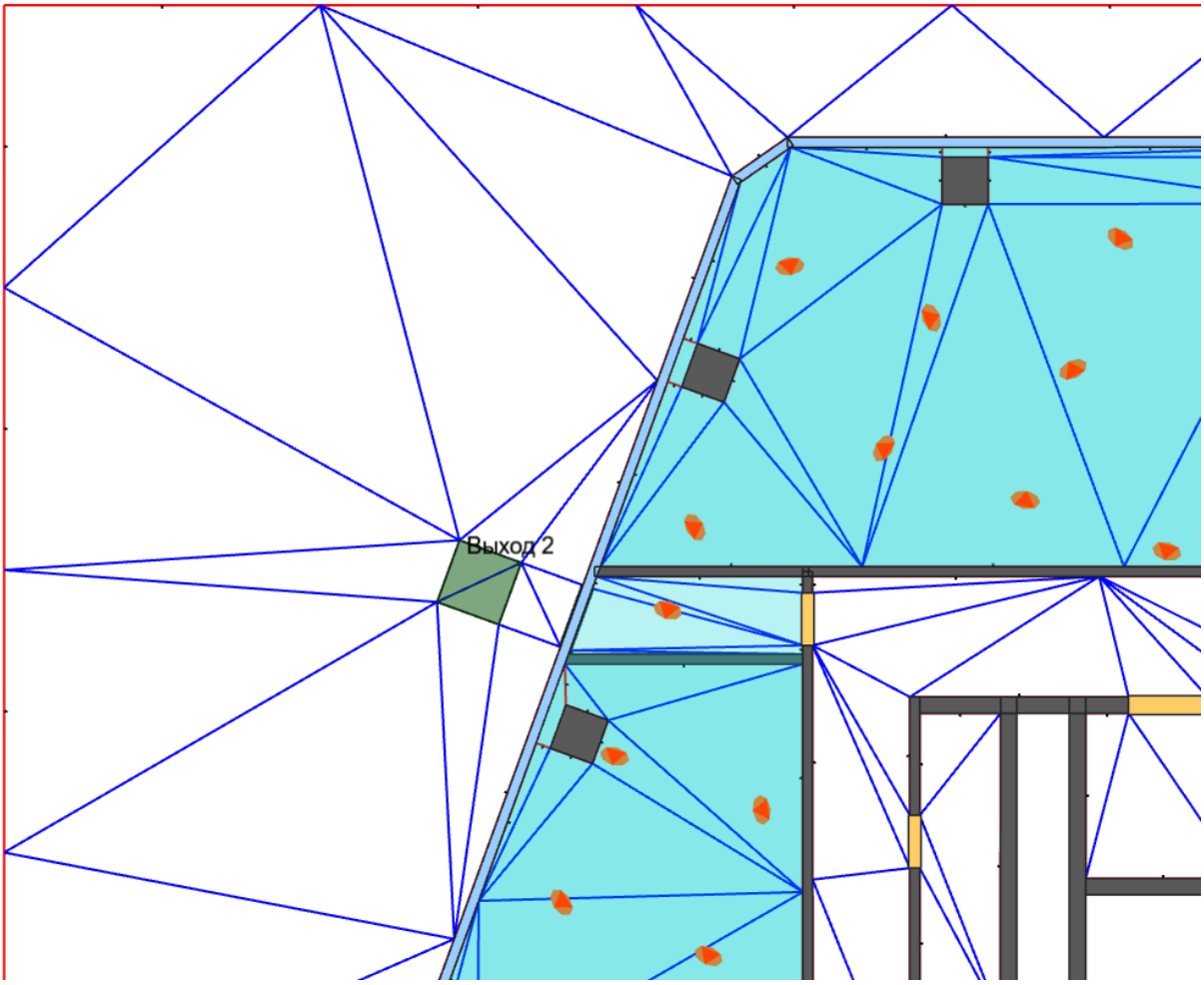


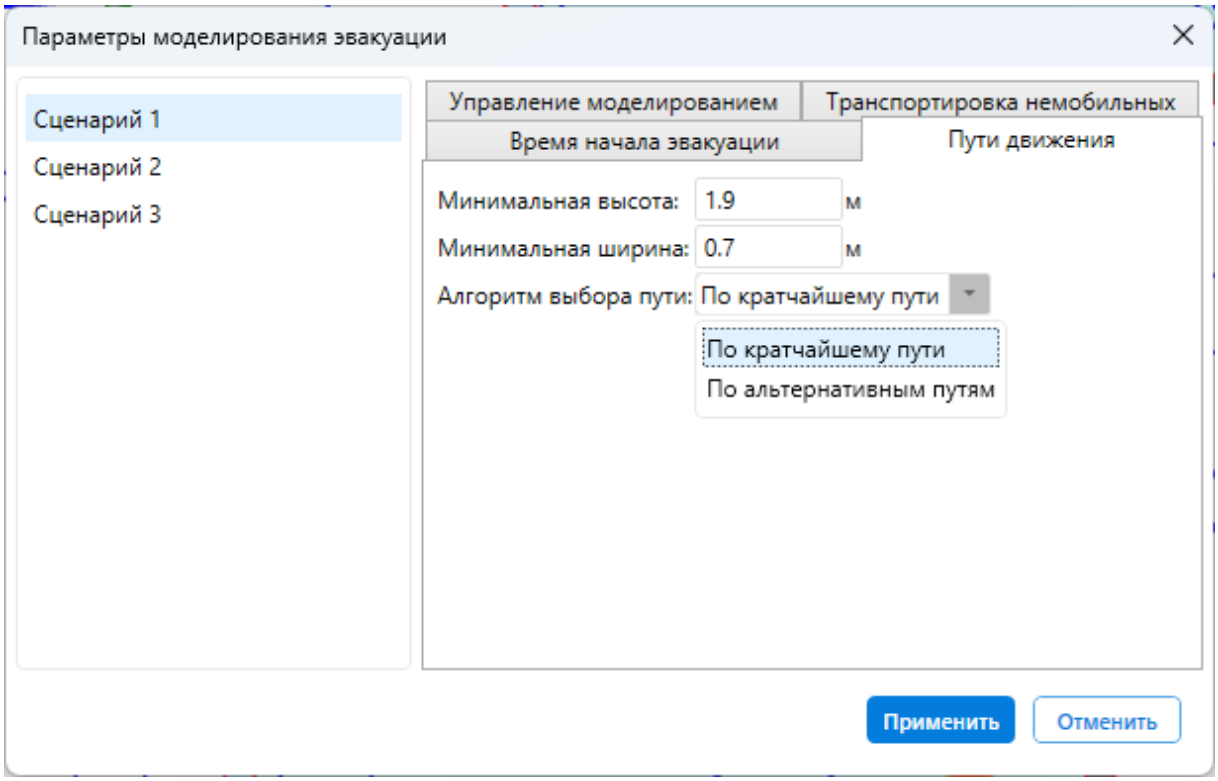
Рис. 5: Фрагмент навигационного графа

2.3.1. Минимальная высота путей эвакуации

Если над уровнем движения очень низко расположено препятствие (расстояние от уровня движения, до нижнего края препятствия меньше параметра **Минималь-**

ная высота в параметрах моделирования эвакуцаии), то эта область тоже помечается как запрещенная для движения.

На рисунке ниже показано, что область под площадкой и лестницей запрещена для движения, так как расстояние от уровня этажа до площадки и лестницы меньше минимальной допустимой высоты.



Если лестница или пандус выше минимальной допустимой высоты, то только часть пространства под лестницей будет помечено как будто там находится препятствие. Понятно, что в действительности реального препятствия там нет, но область около нижнего края лестницы заблокирована для движения:

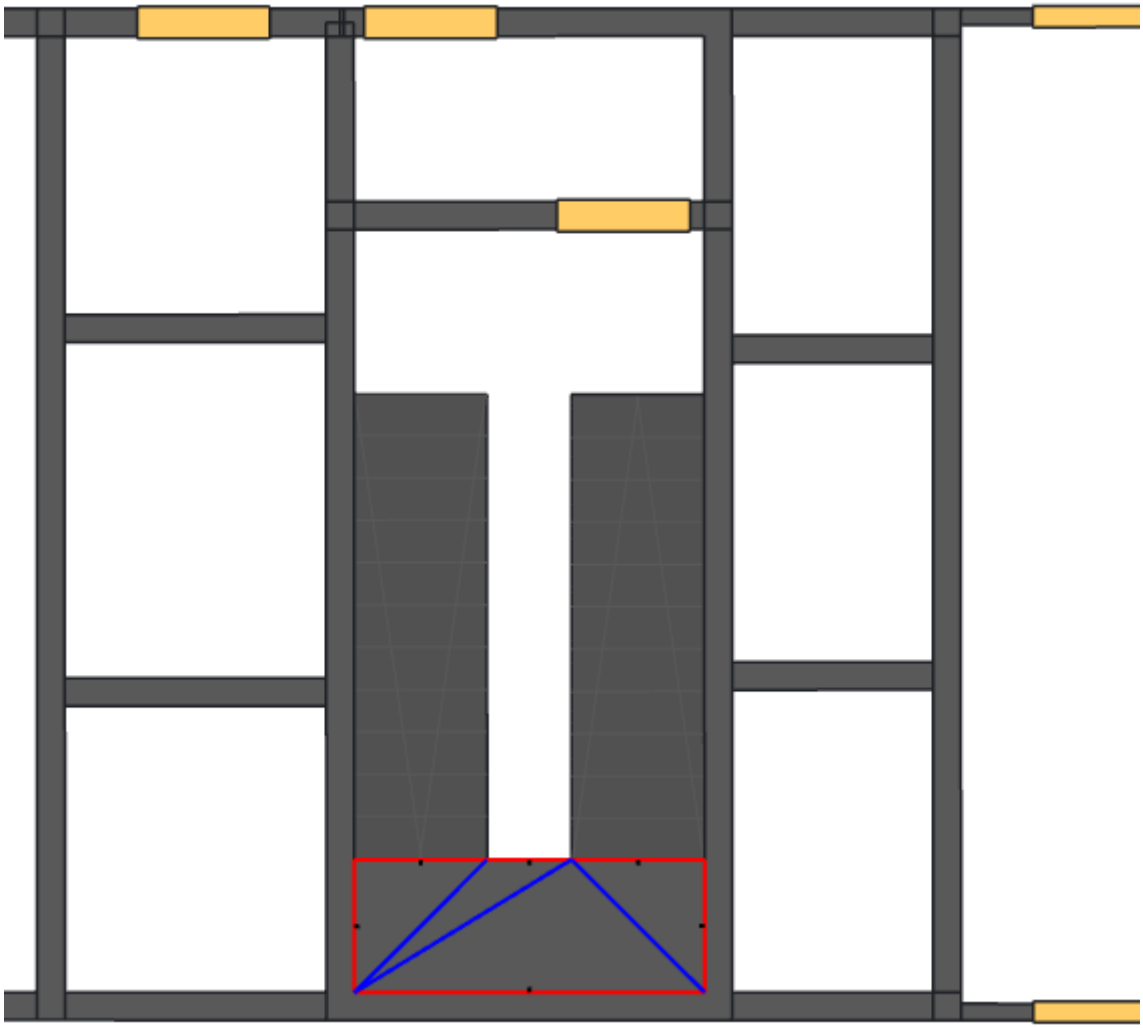


Рис. 6: “Фиктивное” препятствие у нижнего края лестницы

Кроме того, в реальных зданиях и над лестницей должно быть пространство, свободное от материальных объектов. Чтобы человек мог беспрепятственно подниматься или спускаться по ней. Поэтому, часть пространства над лестницей рядом с её верхним краем также помечается как запрещенное для движения. Как правило такое “фиктивное” препятствие добавляется на область, образованную этажом:

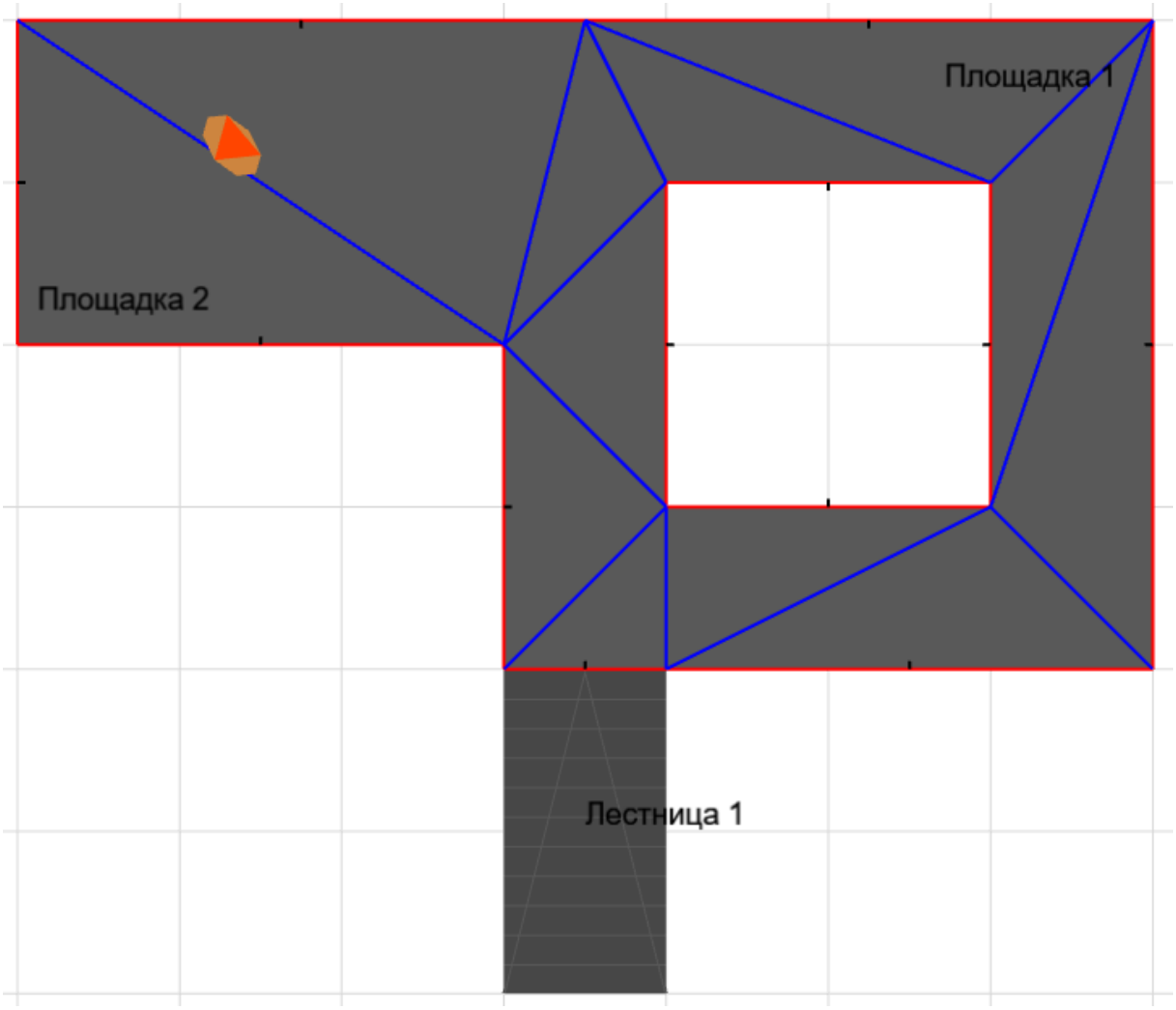


Рис. 7: “Фиктивное” препятствие у верхнего края лестницы

2.3.2. Минимальная ширина путей эвакуации

Человек не может пройти через очень узкие участки пути. Минимальная ширина пути, по которому может пройти человек, задается с помощью свойства **Минимальная ширина** в параметрах моделирования эвакуации. По умолчанию, минимальная ширина равна 0,7 м.

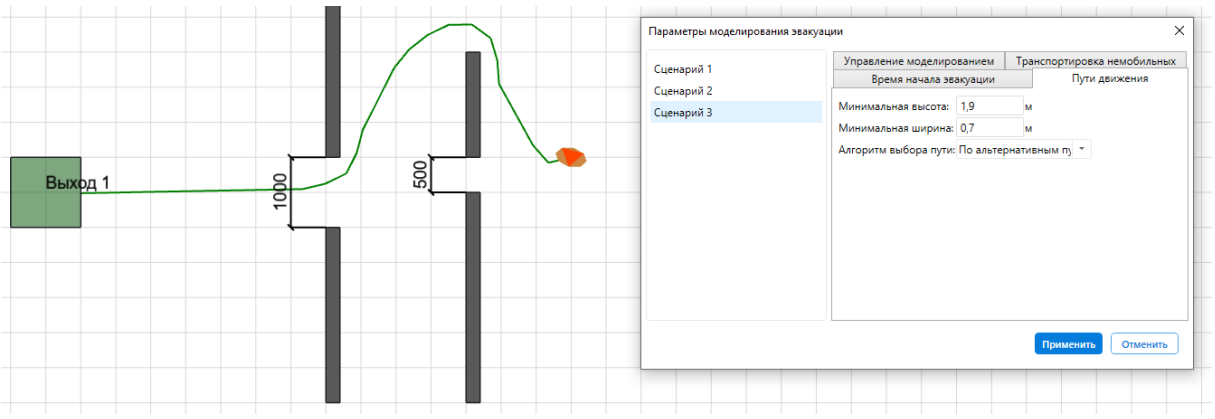


Рис. 8: Человек не может пройти через проем 0,5 м

Если необходимо, чтобы человек мог пройти через проем меньшей ширины, то необходимо уменьшить значение свойства “Минимальная ширина” в параметрах моделирования эвакуации.

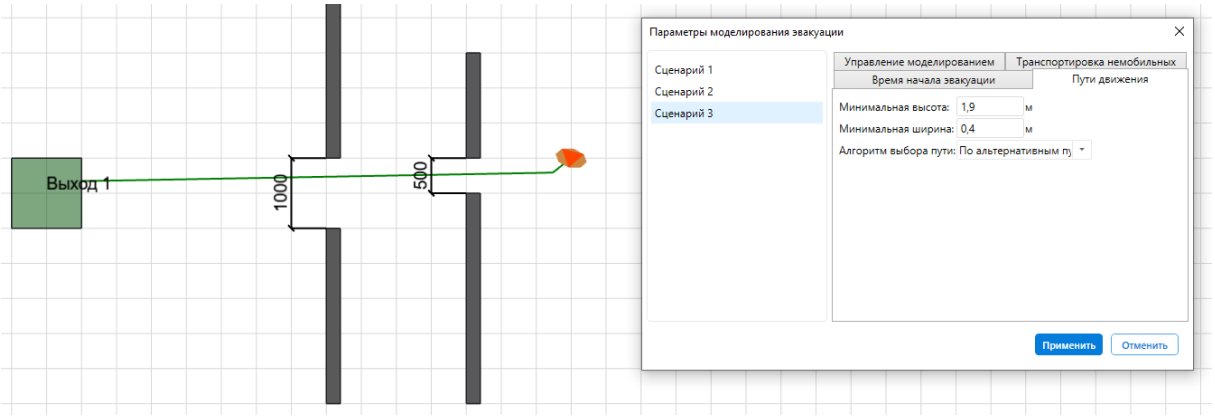


Рис. 9: Человек проходит через проем 0,5 м

Минимально значение, которое можно задать для допустимо йширины равно 0,3 м.

Следует иметь в виду, что “ширина” контингента человека никаким образом не влияет на возможность прохождения людей по путям ширина которых меньше (и даже значительно меньше) “ширины” человека. То есть, даже инвалиды, перемещающиеся на креслах-колясках, ширина которых около 0,8 м, смогут “протиснуться” даже в щель шириной 0,3 м. Необходимо предотвращать появление таких перемещений.

2.4. Чекпойнт

Чекпойнт - специальный объект, регулирующий интенсивность движения людей через область, где он размещается.

В текущей версии Fenix+ чекпойнты создаются только автоматически в месте расположения дверей, проемов и краёв лестниц и пандусов.

Интенсивность движения людей через чекпойнт определяется контингентом проходящих через него людей (точнее, зависимостями скорости и интенсивности движения от плотности потока), предельной интенсивностью движения людей через чекпойнт и по участку пути за чекпойнтом.

Если пропускная способность чекпойнта и участка пути за чекпойнтом недостаточна для движения подходящего потока людей, то люди не проходят через чекпойт до тех пор, пока интенсивность движения через чекпойнт не станет меньше предельно допустимого значения.

3. Планирование пути

3.1. Выбор границы

Эвакуация человека состоит из последовательных перемещений от одной границы к другой. Достигнув границу человек выбирает следующую границу, к которой будет двигаться дальше. Эвакуация человека считается завершенной когда он достиг границу, соответствующую выходу, в который он должен эвакуироваться.

Выбор границы зависит от:

- настроек параметров моделирования эвакуации,
- выхода назначения,
- расстояния до границы из точки расположения человека.

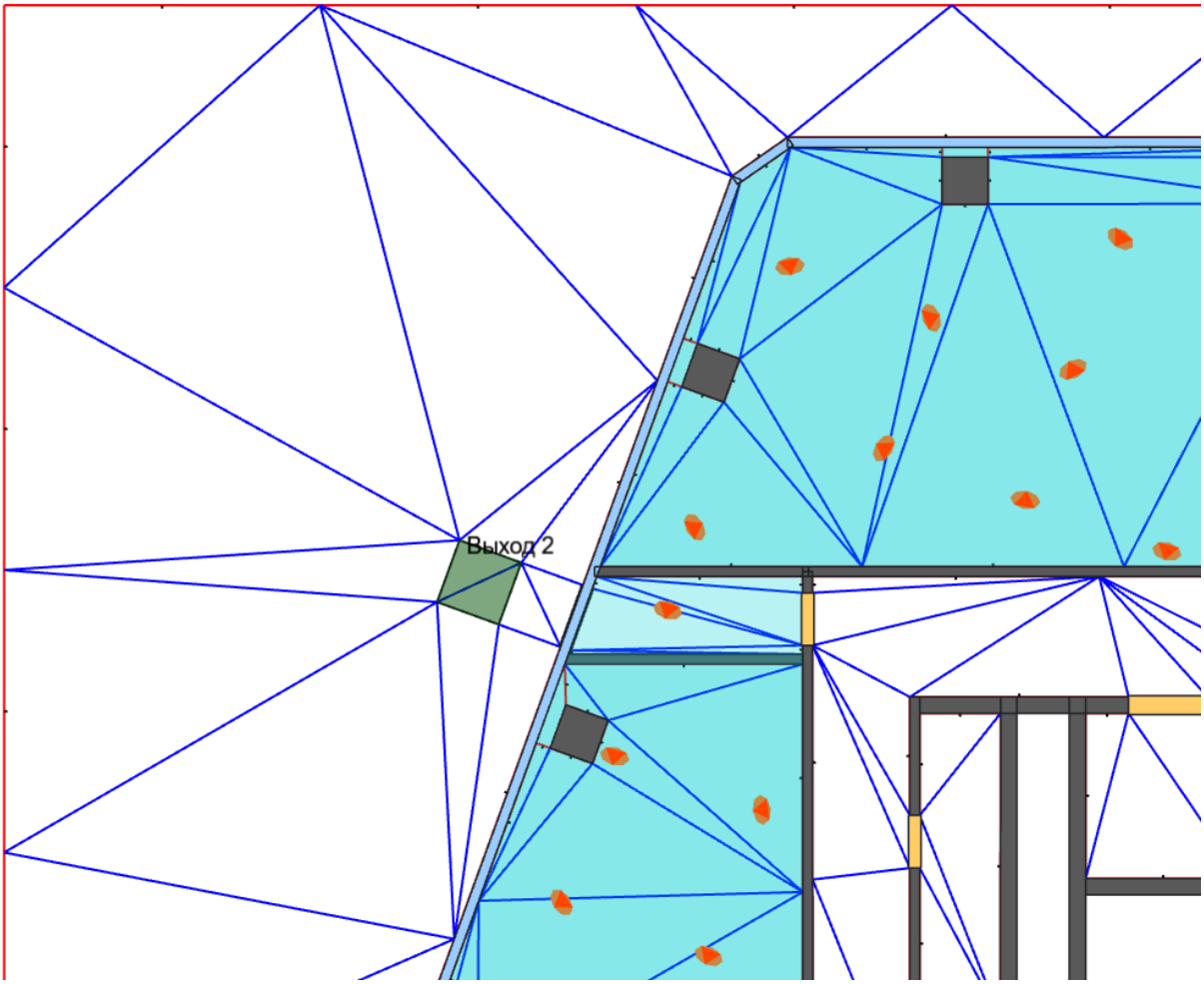
Расстояние до границы определяется с помощью путевого графа границы.

3.1.1. Планирование пути перед началом движения

Планирование пути для каждого человека состоит из нескольких этапов:

1. Определение области, в которой находится человек.
2. Определение выхода, в который человек будет эвакуироваться.
    - Если человеку назначен конкретный выход, через который он должен эвакуироваться, то проверятся, что этот выход доступен. Если назначенный выход недоступен, то выбирается ближайший доступный выход.
    - Если человеку не назначен конкретный выход, то выбирается ближайший доступный выход.

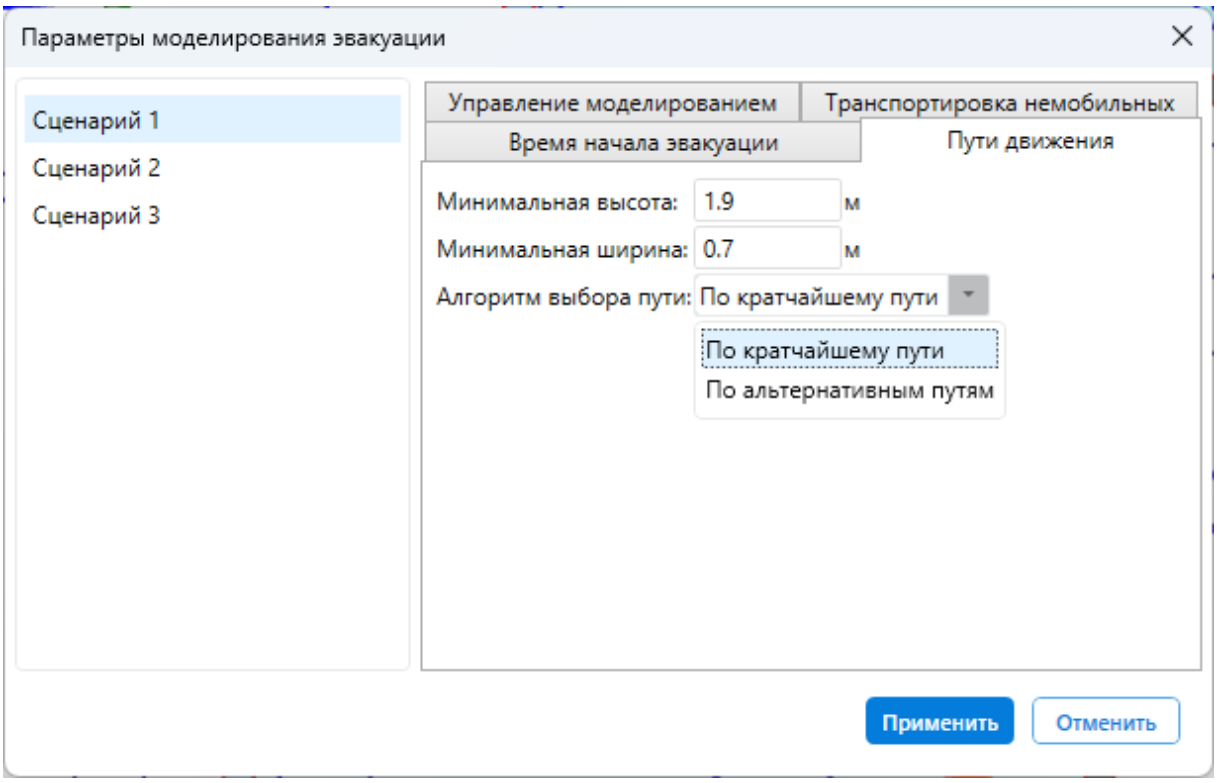
3. Определение первой границы, к которой должен идти человек. Если таких границ несколько (например, если человек находится на примерно равном расстоянии от двух лестничных клеток, ведущих к выходу), то выбор происходит вероятностно в зависимости от расстояний до возможных лестниц:



3.1.2. Выбор очередной границы

После того, как человек достиг промежуточную границу, он должен выбрать следующую границу, к которой будет двигаться.

Выбор зависит от значения параметра моделирования эвакуации “Алгоритм выбора пути”:



Если выбран способ “По кратчайшему пути”, то будет выбрана ближайшая граница в области, приближающая человека к выходу.

Если выбран способ “По альтернативным путям”, то граница будет выбрана вероятностно в соответствии с графиком, показанным выше.

3.1.3. Смена границы в процессе движения

Если для человека доступно несколько границ, ведущих к выходу, то в процессе движения к текущей границе, он может изменить её.

Изменение границы на новую происходит при выполнении следующих условий:

- В параметрах моделирования эвакуации выбран алгоритм выбора пути “По альтернативным путям”.
- Человек видит текущую и новую границу (между ними нет препятствий на навигационном графе).
- Текущая и новая граница расположена примерно на одном расстоянии от выхода.
- Количество людей, идущих к текущей границе больше количества людей, идущих к новой границе.

3.2. Навигационный граф

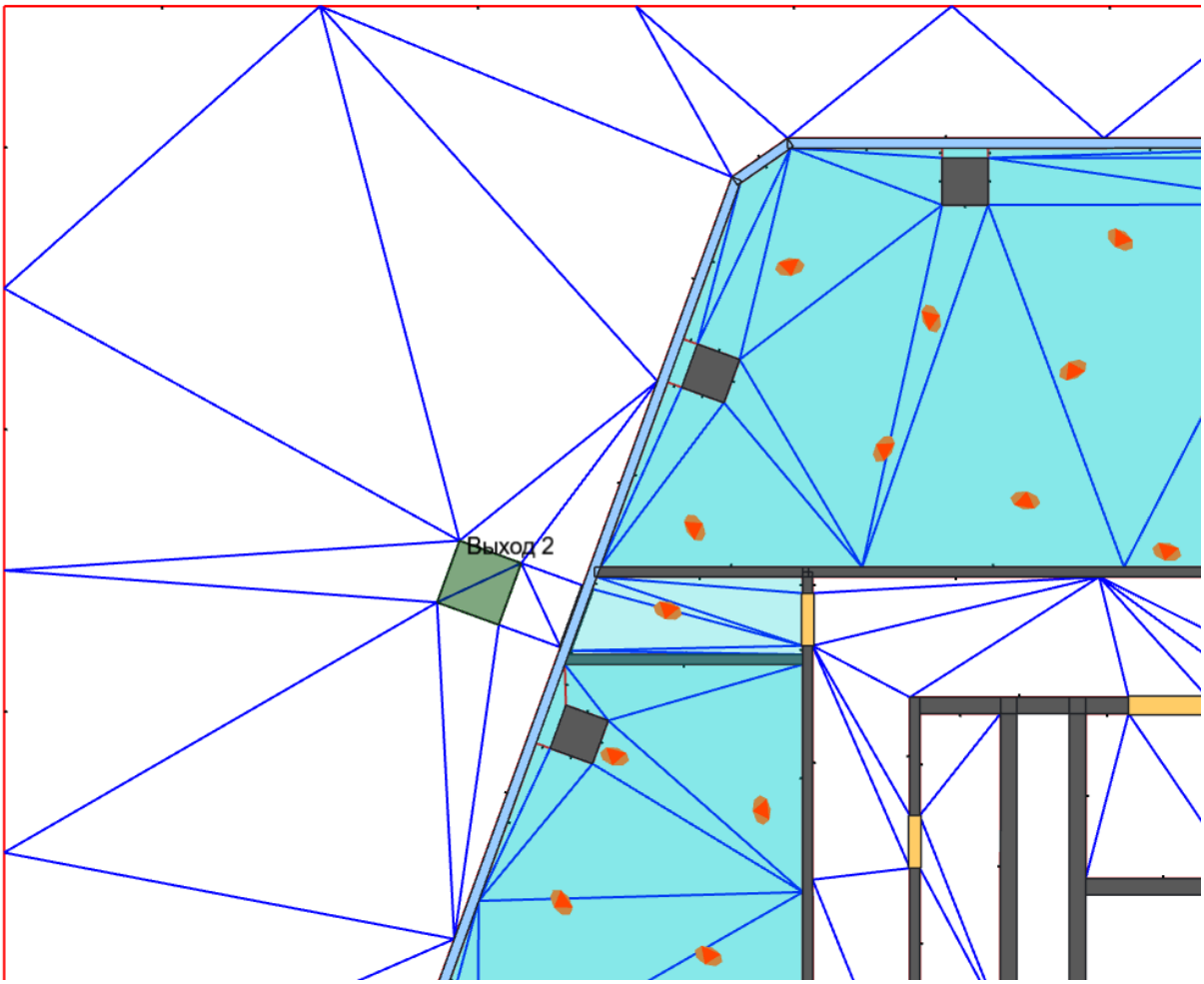
Навигационный граф - специальная структура, которая формируется для каждой границы и состоит из набора ребер разного типа и треугольников, образован-

ного ребрами, в которых возможно движение людей.

Навигационный граф используется для определения расстояния до границы и направления движения, в котором необходимо двигаться человеку, чтобы по кратчайшему пути добраться до границы.

Ребра навигационного графа бывают следующих типов:

- Препятствия (обозначаются красным цветом). Человеку запрещено пересекать такие ребра. Если область неограниченная, то границы области также представляются препятствиями.
- Ребра свободного движения (обозначаются синим цветом). Люди могут пересекать такие ребра.
- Ребра-выходы (обозначаются зеленым цветом). Формируются элементами сцены “Выход” и обозначают области, достигнув которые, человек считается эвакуировавшимся.



Для каждой вершины навигационного графа рассчитывается её вес - расстояние по кратчайшему пути до границы, для которой этот навигационный граф сформирован.

4. Движение людей

4.1. Скорость движения

Скорость, с которой движется человек, зависит от нескольких факторов:

- контингент человека;
- локальная плотность потока;
- тип пути, по которому движется человек.

4.1.1. Контингент человека

В Fenix+ каждый человек представляется эллипсом. Форма, размер и цвет эллипса определяется контингентом человека.

Контингент - это комплексное свойство человека, которое включает в себя характеристики:

- **Площадь горизонтальной проекции человека** - площадь, которую занимает человек во время движения. Это свойство соответствует площади эллипса, которым представляется человек.
- **“Ширина”** и **“Толщина”** - параметры, определяющие форму эллипса. То есть, соотношение осей эллипса. “Ширина” - размер горизонтальной проекции человека перпендикулярно направлению движения. **“Толщина”** - размер горизонтальной проекции человека в направлении движения. Следует иметь в виду, что эти свойства могут отличаться от размеров эллипса, которым представляется человек на сцене. Фактические ширина и толщина человека (оси эллипса) принимаются такими, чтобы площадь эллипса была равна свойству “Площадь горизонтальной проекции”. Как правило, но не обязательно, большая ось эллипса соответствует ширине плеч человека, а малая толщине.
- **Высота** - высота фигуры, которой представляется человек на сцене. В текущей версии Fenix+ влияет лишь на представление человека на сцене, но не влияет на моделирование эвакуации.
- **Цвет** - цвет треугольника, которым выделяется эллипс человека.
- **Параметры движения по эвакуационным путям** - здесь задается по каким типам путей может двигаться человек (свойство “Движение разрешено”), а также зависимость скорости движения человека от локальной плотности потока.

Следует отметить два аспекта, относящихся в поведению свойства “Движение разрешено”:

1. Значение свойства “Движение разрешено” не влияет на возможность прохождения людей через дверные проемы. Вне зависимости от того, включено оно или нет, люди будут проходить через дверные проемы.
2. Если свойства “Движение разрешено” отключено для одного из типа пути “Лестница вниз” или “Лестница вверх”, то люди вообще не смогут идти по лестнице. Это относится и к паре путей “Пандус вниз” и “Пандус вверх”.

4.1.2. Локальная плотность потока

Скорость движения человека определяется локальной плотностью потока в окрестности человека.

Локальная плотность потока (D или D^* - обозначение зависит от используемой единицы измерения) - плотность потока в некоторой небольшой окрестности человека или иной точки, для которой она рассчитывается.

Для характеристики плотности потока можно использовать разные способы её расчета и единицы измерения:

1. Количество людей N на единицу площади S, на которой они расположены: $D^* = N/S$. В этом случае единица измерения плотности $/text//text^2$. При использовании этой единицы измерения не учитывается контингент людей и, в частности, площадь горизонтальной проекции людей.
2. Доля площади, занятой горизонтальными проекциями людей $N \cdot f$, к общей площади области S, на которой они расположены: $D = N \cdot f/S$. Здесь f - площадь горизонтальной проекции человека. В этом случае единица измерения плотности безразмерная. Но чаще используют обозначение $/text^2//text^2$. При использовании этой единицы измерения учитывается контингент людей, а именно, площадь горизонтальной проекции.

Плотности потока, определенные через разные единицы измерения, находятся в следующем соотношении: $D = D^* \cdot f$

В Fenix+ локальная плотность потока рассчитывается вторым способом с учетом контингента людей и их площади горизонтально проекции f.

Каждый человек в окрестности человека вносит свой вклад в воспринимаемую локальную плотность. При этом учитывабтся только ближайшие люди, расположенные перед человеком. Люди, расположенные позади человека, не учитываются при определении локальной плотности.

Локальная плотность потока для человека определяется как сумма вкладов n ближайших к человеку людей, расположенных перед человеком:

$$D = \frac{1}{n} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3} \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i}{{R_i}^2} \cdot \varphi_i$$

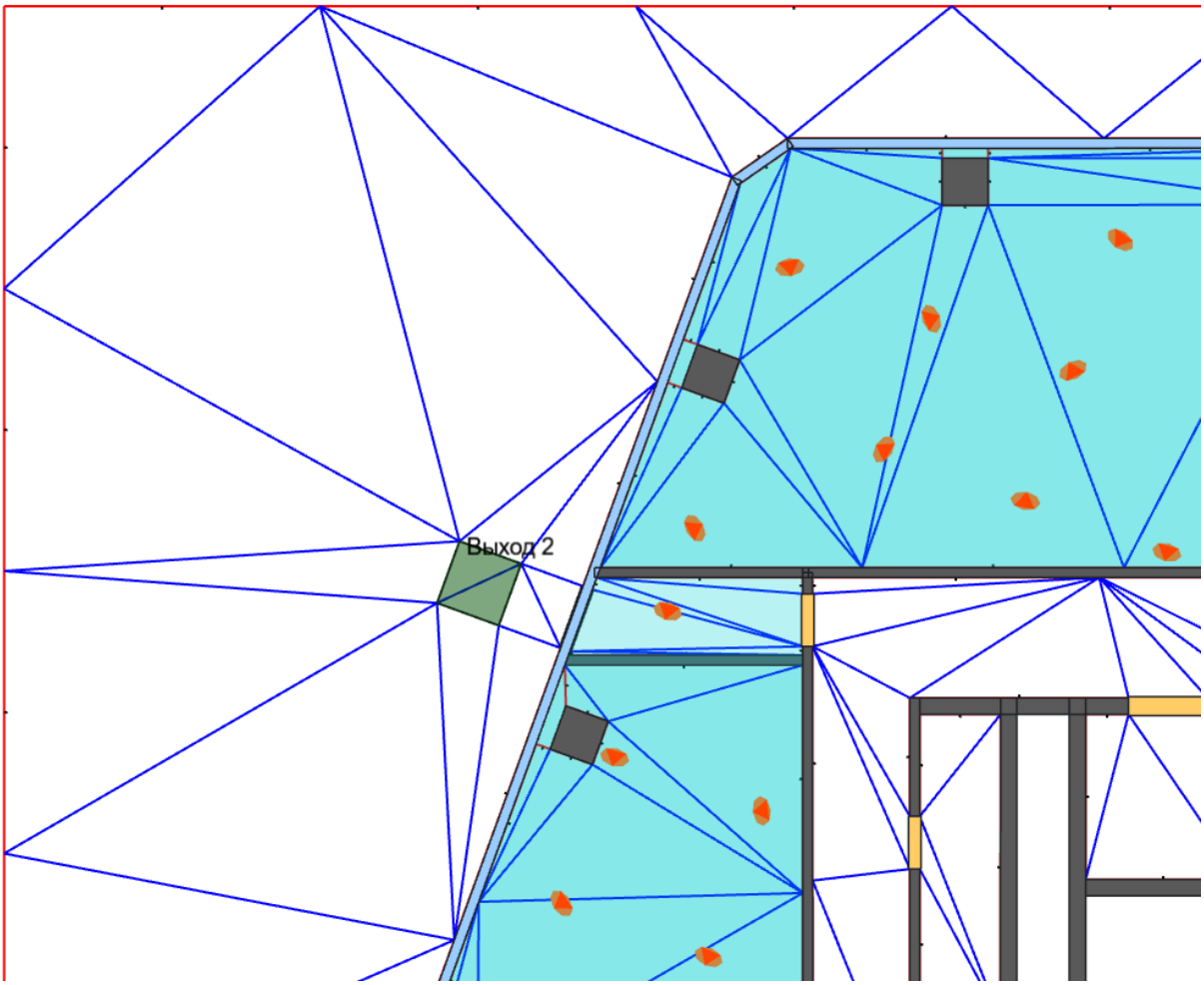
где R_i - расстояние между i-м человеком с площадью горизонтальной проекции f_i и человеком, для которого рассчитывается локальная плотность. $/text\varphi_i$ - нормировочная функция, учитывающее угловое расстояние между i-м человеком и человеком, для которого рассчитывается локальная плотность.

4.1.3. Тип пути

Всего в Fenix+ есть шесть типов путей, по которым (или через которые) может двигаться человек:

1. Горизонтальный путь.
2. Лестница вниз.
3. Лестница вверх.
4. Пандус вниз.
5. Пандус верх.
6. Проем. Здесь под понятием “проем” подразумеваются элементы сцены “Дверь” или “Проем”. Просто сужение пути эвакуации, образованное двумя стенами или иными объектами, с точки зрения моделирования эвакуации “проемом” не считается. Движение людей по такому участку будет осуществляться так же как и по горизонтальному пути.

При движении по всем типам путей кроме типа “Проем” скорость движения определяется зависимостью, которая задана в свойствах контингента для этого типа пути. То есть, человек движется со скоростью, которая соответствует локальной плотности потока для человека.



Так как участки путей в проемах как правило имеют очень небольшую длину (несколько десятков сантиметров) - меньше шага человека, а также ограниченную пропускную способность (которая, к тому же, зависит от плотности потока перед дверным проемом), то при описании движения людей через проем используется интенсивность движения людей через проем.

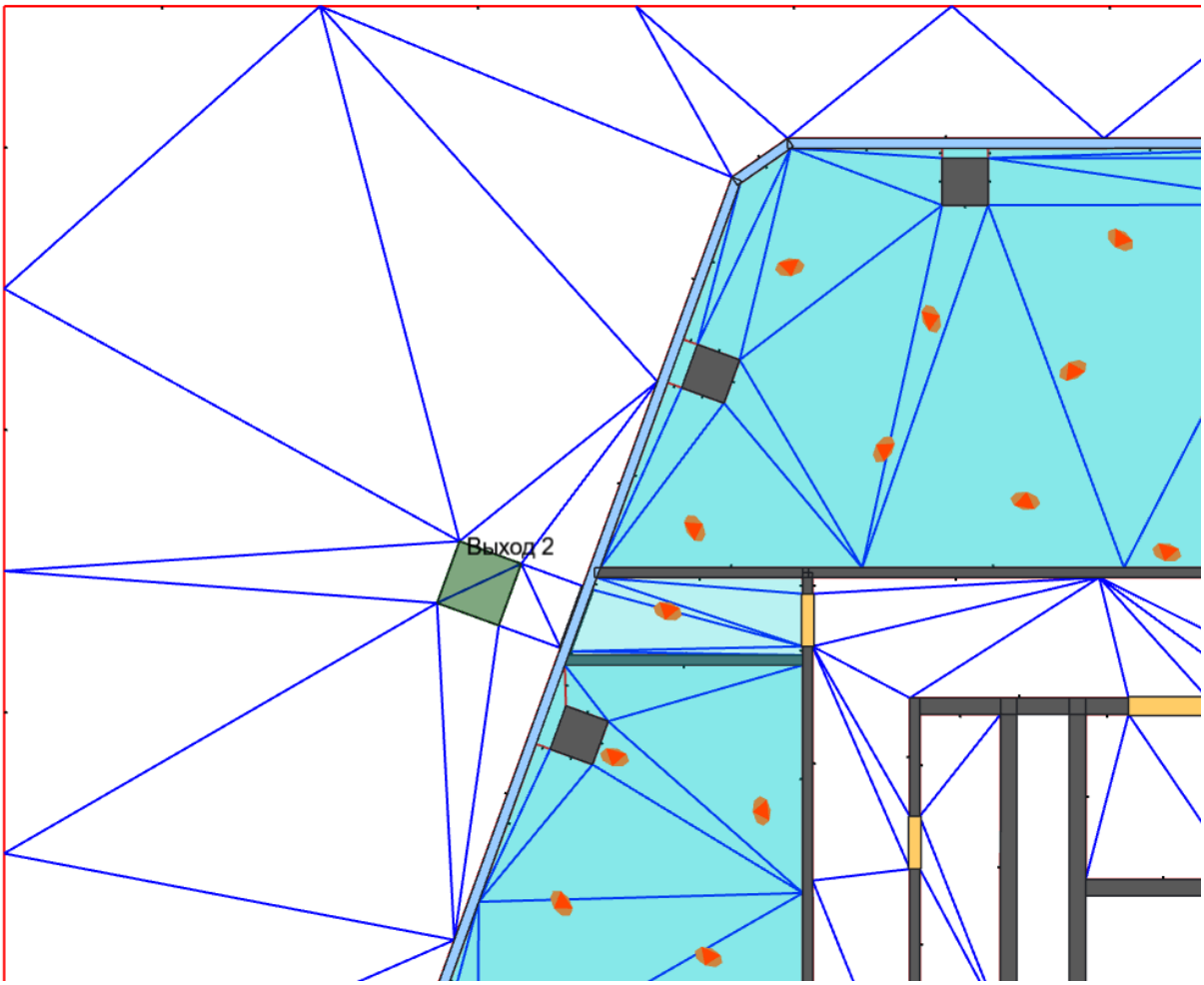
4.2. Интенсивность движения

Интенсивность потока (q)- характеристика потока людей, равная произведению скорости движения людского потока (V) на плотность потока (D):

$$q = V \cdot D$$

С увеличеснием плотности скорость движения потока уменьшается. Поэтому, интенсивность потока является ограничеснная функция, имеющая максимум. Для каждого контингента людей максимальное значение интенсивности, а также значение плотности, при которой достигается максимум, имеет уникальное значение.

На рисунке ниже показан пример зависимости скорости и интенсивности от плот-



ности:

Интенсивность движения может быть выражена и через другие величины, более просто контролируемые на практике: количество людей N с площадью горизонтальной проекции f, прошедших через сечение шириной W за время Δt:

$$D = \frac{1}{n} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3} \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i}{{R_i}^2} \cdot \varphi_i$$

Заметим, что формула выше получена в предположении, что плотность потока измеряется в $/text^2//text^2$.

Зависимость интенсивности от плотности, а также максимальное возможное значение интенсивности движения по типу пути используется как фактор, ограничивающий скорость движения людей через проем.

Для каждого типа пути интенсивность движения существует максимальная интенсивность движения.

4.3. Движение через проем

Интенсивность движения через проем определяется локальной плотностью перед дверным проемом, шириной проема, контингентом людей.

Также интенсивность движения через проем определяется максимальной мозможной пропускной способностью дверного проема. Значение этого параметра в текущей версии Fenix+ жестко задано и отсутствуют возможности его изменить.

$q_{max} = 19.6/text//text$

Кроме того, при образовании высокой плотности потока перед проемом ($D > 0.5/text^2//text^2$), его пропускная способность уменьшается за счет эффекта “ложного проема”.

Это явление учитывается путем добавления дополнительного множителя m к зависимости скорости движения от плотности:

$m = 1,25–0,05 \cdot D$

А при достижении максимальной плотности потока перед дверныи проемом интенсивность движения через проем перестает зависеть от контингента и определяется только шириной проема W:

$$D = \frac{1}{n} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3} \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i}{{R_i}^2} \cdot \varphi_i$$

4.4. Выбор направления движения

В этом разделе описывается как осуществляется выбор направления движения.

Выбор направления движения человека на каждом шаге состоит из двух этапов:

1. Определение возможных направлений движения.
2. Выбор среди всех возможных направлениий одного, в котором и происходит движение.

4.4.1. Определение возможных направлений движения

Осуществляется на этапе анализа эвакуационной ситуации для каждого человека и состоит из следующих подэтапов:

1. Выбирается несколько потенциальных направлений, в которых человек может переместиться.

2. Для каждого направления определяется расстояние до ближайшего видимого человека, расстояние до ближайшего видимого препятствия, кратчайшее направление к текущей границе.
3. Для каждого направления рассчитываются 4 безразмерных фактора, определяющих:
    1. Насколько это направление отклоняется от кратчайшего направления к выходу.
    2. Насколько это направление отклоняется от текущего направления движения человека.
    3. Насколько в этом направлении близко расположены люди.
    4. Насколько в этом направлении близко расположены препятствия.
4. Для каждого направления определяется вероятность, с которой человек выберет это направление, как произедение всех четырех факторов.
5. При необходимости каждое направление корректируется для избежания столкновения человека с препятствием.
6. Для каждого направления определяется точка, в которой окажется человек, если будет двигаться в этом направлении. Следует отметить, что на этом этапе возможное расположение человека не проверяется на столкновения с другими людьми.

4.4.2. Выбор одного направления движения

Осуществляется на этапе движения людей и состоит из следующих подэтапов:

1. Выбирается направление дижения с наибольшей вероятностью.
2. Выбранное направление проверяется на предмет столкновений с людьми и препятствиями.
3. Если коллизий нет, то человек перемещается в выбранном направлении. В противном случае выбирается следующее нерассмотренное направление с наибольшей вероятностью.
4. Если не было выбрано ни одно направление (при движении во всех направлениях происходят столкновения с людьми или препятствиями), то человек остается на месте и поворачивается в направлении с наибольшей вероятностью.