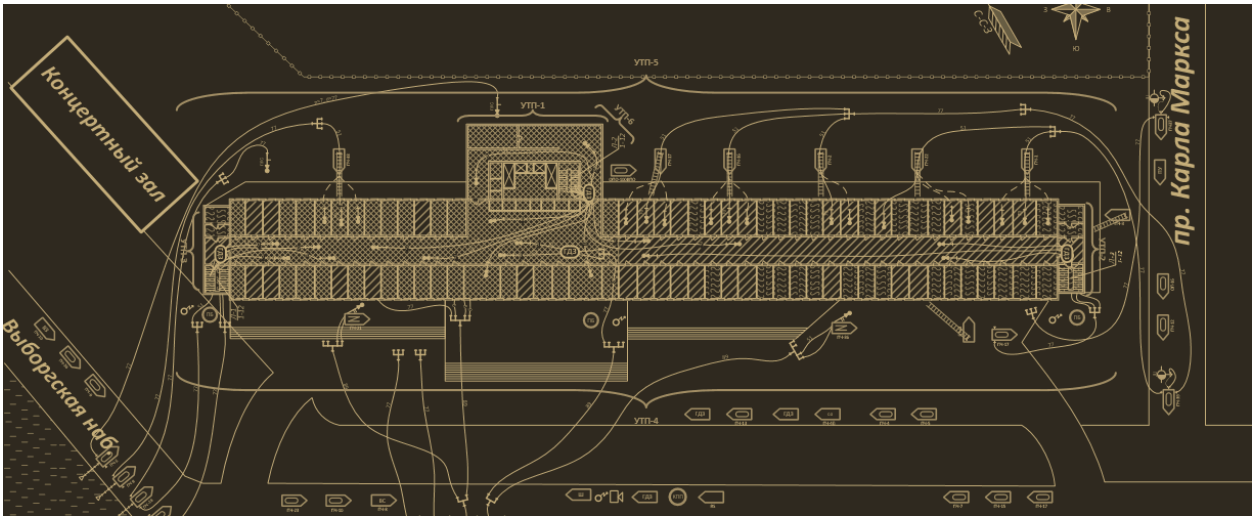
ПОЖАРНО-ТАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АИГС ГРАФИС-ТАКТИК 12

Малютин О.С.



(*Черновик*)

ГЛАВА 6.
ПРОВЕДЕНИЕ ПОЖАРНО-ТАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Глава 6. Проведение пожарно-тактических расчетов 4

6.1. Пожарно-тактические расчеты как инструмент управления силами и средствами при тушении пожаров 4

6.2. Расчет площади и параметров пожара 4

6.2.1. Расчет пути, пройденного огнем 4

6.2.2. Расчет формы площади пожара с использованием геометрических построений 8

6.2.3. Расчет формы площади пожара с использованием компьютерного моделирования 17

6.2.4. Пример расчета и сравнение результатов, полученных методами расчета и построения формы площади пожара 51

6.2.5. Расчет площади пожара 56

6.2.6. Расчет площади тушения 56

6.2.7. Определение требуемой интенсивности подачи воды 57

6.2.8. Расчет требуемого расхода воды 59

6.3. Расчет отдельных элементов насосно-рукавных систем 60

6.3.1. Расчет параметров рукавных линий 61

6.3.2. Расчет параметров приборов подачи огнетушащих веществ 79

6.3.3. Расчет параметров элементов насосно-рукавных систем при ветвлении рукавных линий 90

6.3.4. Определение параметров работы мобильных средств пожаротушения . 113

6.3.5. Получение сведений о параметрах источников наружного противопожарного водоснабжения 120

6.3.6. Расчет параметров устройств забора воды 125

6.3.7. Параметры емкостей для воды 135

6.3.1.7. Расчет параметров насосно-рукавных систем 137

6.3.8. О точках соединения насосно-рукавных систем 138
6.3.9. Правила расчета параметров точек соединения..... 140
6.3.10. Обратный расчет параметров насосно-рукавных систем в основных трафаретах ГраФиС..... 141
6.3.11. Расчет параметров гидроэлеваторных насосно-рукавных систем..... 144
6.4. Особенности проведения расчетов насосно-рукавных систем с использованием трафаретов НРС 149
6.4.1. Прямой расчет НРС..... 150
6.4.2. Правила расчета параметров точек соединения при гидравлическом расчете НРС 152
6.4.3. Пример гидравлического расчета НРС в ГраФиС..... 155
6.5. Расчет параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания..... 161
6.5.1. Получение сведений о параметрах звена ГДЗС 162
6.5.2. Расчет свойств фигур звеньев ГДЗС 165
6.5.3. Расчет при помощи встроенного калькулятора ГДЗС..... 170
Список литературы..... 174
Приложения 178
Приложение 1. Описание формата даты/времени 178

ГЛАВА 6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОЖАРНО-ТАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

6.1. Пожарно-тактические расчеты как инструмент управления силами и средствами при тушении пожаров

В работе

6.2. Расчет площади и параметров пожара

АИГС ГраФиС располагает следующими инструментами для проведения расчетов площади и параметров пожара:

- Автоматический расчет и построение формы зоны горения:
  - с использованием геометрических построений
  - с использованием компьютерного моделирования
- Расчет площади пожара
- Расчет площади тушения
- Определение требуемой интенсивности подачи воды
- Расчет требуемого расхода воды

6.2.1. Расчет пути, пройденного огнем

Расчет пути, пройденного огнем, является основой для дальнейшего расчета и построения формы площади пожара. Данный расчет является промежуточным, а его результат не представляет интереса с точки зрения проведения пожарно-тактических расчетов в целом. Кроме того, при построении площади пожара с методом компьютерного моделирования путь, пройденный огнем в разных направлениях, и вовсе может быть разным в зависимости от вводимых приборов подачи воды. Поэтому результат расчета сразу передается процедурам расчета и построения площади пожара, и пользователь не имеет возможности увидеть его.

Для запуска процедуры расчета и построения площади пожара следует щелкнуть правой кнопкой мыши по фигуре «Очаг пожара» (рис. 217) и в появившемся меню выбрать пункт «Сформировать площадь пожара».

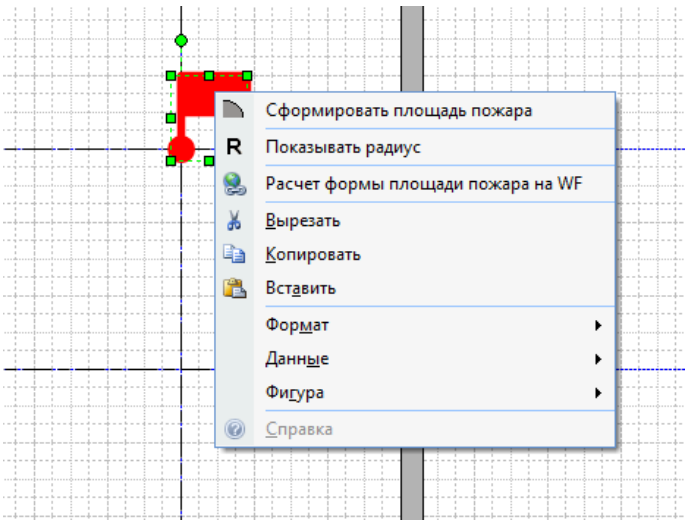


Рисунок 217 - Всплывающее меню фигуры «Очаг пожара». Первый пункт – команда «Сформировать площадь пожара»

Появится окно «Исходные данные построения».

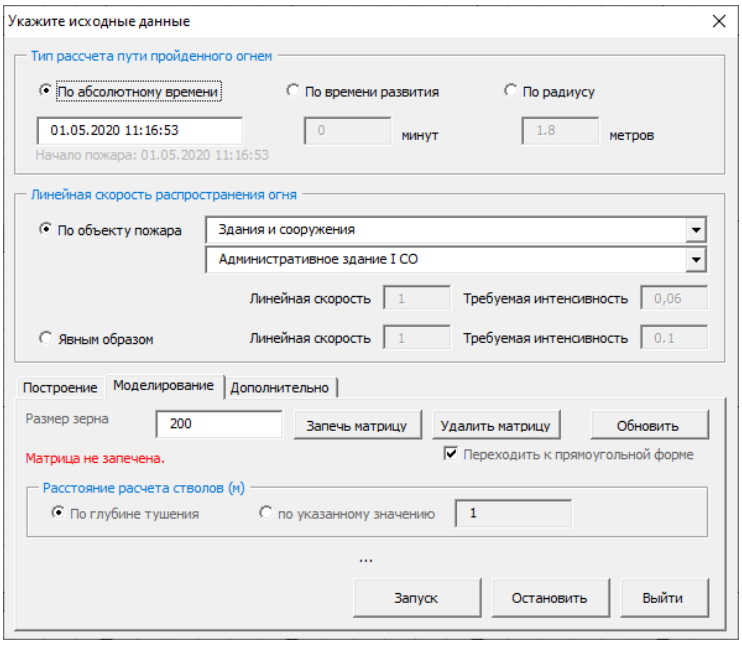


Рисунок 218 - Окно «Исходные данные построения»

Данное окно разделено на три блока:

- Тип расчета пути, пройденного огнем
- Линейная скорость распространения огня
- Методы построения

В рамках расчета пути, пройденного огнем нас интересуют первые два блока.

Тип расчета пути, пройденного огнем

Как видно по изображению 218 существует три способа расчета пути, пройденного огнем определяемых выбором соответствующих опций:

- По абсолютному времени
- По времени развития
- По радиусу

При расчете по **абсолютному времени** за расчетное время развития принимается разница между астрономическим временем начала пожара (значением свойства «Возникновение пожара» фигуры «Очаг пожара») и астрономическим временем указанным пользователем в поле «По абсолютному времени». По умолчанию значение данного поля равно текущему астрономическому времени схемы (см. п.4.6.3). Время начала пожара отражается под этим полем.

При расчете **по времени развития** пользователь может указать непосредственно время развития в поле «По времени развития». Время указывается в минутах и их долях. Дробная часть отделяется запятой.

Наконец, если пользователь хочет узнать, сколько времени потребуется пожару чтобы пройти определенный путь, можно воспользоваться опцией **«По радиусу»**. Данный вариант позволяет рассчитать время развития, а также форму площади пожара по известному пути, пройденному огнем указываемому в поле «По радиусу». По-умолчанию значение данного поля равно значению радиуса, построенного от фигуры «Очаг пожара» при включенной опции «Показывать радиус» (рис. 219, рис. 220)

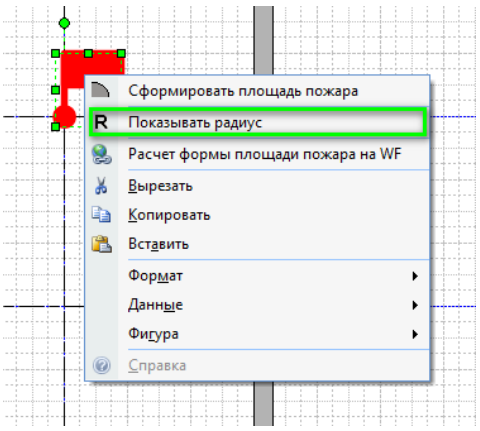


Рисунок 219 - Опция «Показывать радиус» фигуры «Очаг пожара»

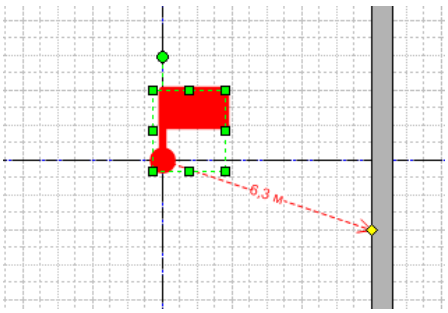


Рисунок 220 - Расчет радиуса проведенного от центра фигуры «Очаг пожара»

Расчет времени, требуемого для преодоления длины указанного радиуса $t_{\text{разв}}$ осуществляется по следующей формуле:

$$\begin{gathered} \text{при } R/0.5 \cdot v > 10\text{мин} \\ t_{\text{разв}} = R/v + 5 \\ \text{при } R/0.5 \cdot v \leq 10\text{мин} \\ t_{\text{разв}} = R/0{,}5 \cdot v \end{gathered} \qquad (1)$$

где, R – радиус пожара (путь, пройденный огнем), м; v – линейная скорость распространения огня, м/мин;

Радиус рассчитывается только для пути пройденного по прямой от фигуры «Очаг пожара», без учета ограждающих конструкций.

Линейная скорость распространения огня

Для указания линейной скорости распространения огня предназначен одноименный блок окна «Исходные данные построения» (Рисунок 218 -). Данный блок так же располагает двумя опциями:

- По объекту пожара
- Явным образом

Первая опция позволяет использовать для расчета табличные значения линейной скорости распространения огня и требуемой интенсивности подачи воды. Для этого следует указать требуемый тип горючей нагрузки, выбрав его из выпадающих списков в соответствующих полях (рис. 221).

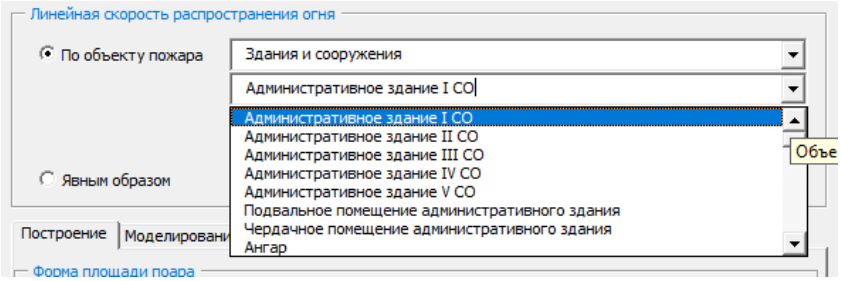


Рисунок 221 - Выбор объекта пожара

Вторая опция позволяет указать значения линейной скорости распространения огня и требуемой интенсивности подачи воды явным образом – в соответствующих полях справа от заголовка опции.

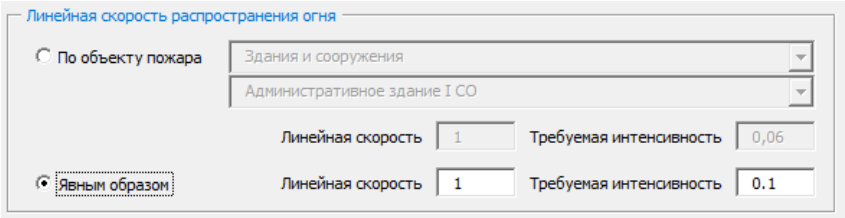


Рисунок 222 - Указание значения линейной скорости распространения огня и требуемой интенсивности подачи воды явным образом

6.2.2. Расчет формы площади пожара с использованием геометрических построений

Под расчетом формы площади пожара в ГраФиС подразумевается определение размеров и формы фигур «Зона горения» с учетом длины пути, пройденного огнем (п.6.2.1) и конфигурации ограждающих конструкций.

На данный момент в ГраФиС реализованы два механизма расчета площади пожара. Первый из них – расчет с использованием геометрических построений.

6.2.2.1. Описание метода геометрических построений

Суть метода геометрических построений состоит в том, чтобы, пользуясь только геометрическими построениями получить фигуру, в которой каждая из точек фронта пожара была бы равноудалена от очага пожара, на расстояние равное пути пройденному огнем (L_n) согласно методики проведения пожарно-тактических расчетов (рис. 223).

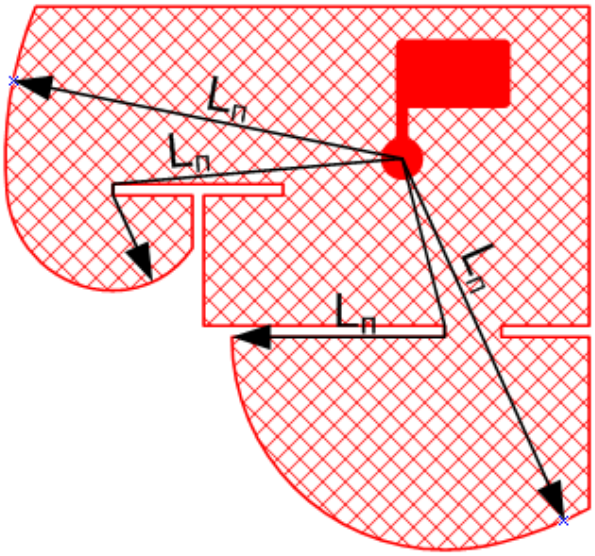


Рисунок 223 - Фигура площади пожара в которой любая точка фронта равноудалена от очага пожара

В данном случае для построения используется алгоритм, основанный на логическом заключении, что фигура с точками фронта одинаково удаленными от стартовой (начальной) точки может быть построена путем вычисления кратчайших расстояний от нее до любой точки фронта, с учетом огибания ограждающих конструкций. Под фронтом здесь понимаются кривые сегменты фигуры, не являющимися границами с ограждающими конструкциями. Получить такую фигуру можно суммировав контуры фигур площадей, построенных от «вторичных» очагов, являющихся ничем иным как углами ограждающих конструкций.

Таким образом, алгоритм расчета формы площади пожара при помощи методики геометрических построений выглядит следующим образом:

1. Строится круг от очага пожара с радиусом равным полному пути, пройденному огнем (рис. 224)
2. Из круга вычитаются все его части находящиеся вне прямой видимости от его центра – в «тени» (рис. 225)
3. В полученной фигуре определяются все точки, являющиеся углами ограждающих конструкций (рис. 226)
4. От каждого такого угла строится «вторичный» круг с радиусом равным разнице между длиной пути, пройденного огнем и расстоянием от центра первого круга (т.е. остатком пути пройденного огнем) и далее повторяются шаги 2, 3, 4 до тех пор пока от всех точек ограждающих конструкций не будут построены промежуточные фигуры (рис. 227, рис. 228)
5. Контуры всех промежуточных фигур при помощи команды приложения Visio Unioun (Объединить) объединяются в итоговую фигуру (рис. 229)
6. Полученная геометрическая фигура обращается в фигуру ГраФиС «Зона горения» (п.4.6.6) - наделяется соответствующими свойствами, характерными для данной фигуры.

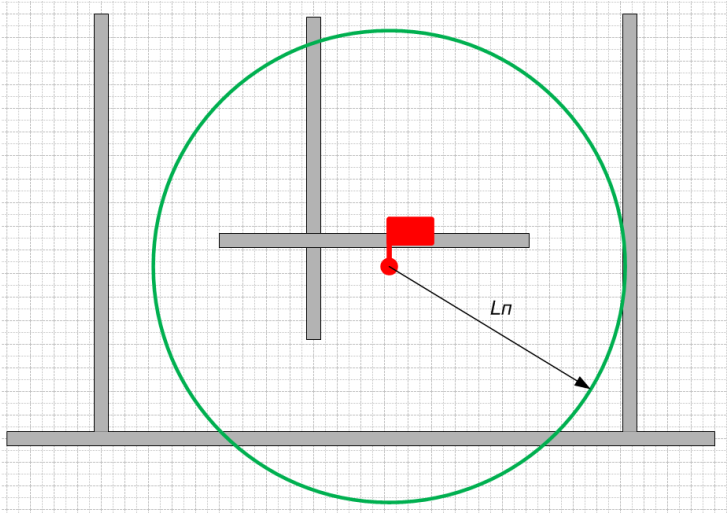


Рисунок 224 - Построение круга с радиусом равным пути пройденному огнем

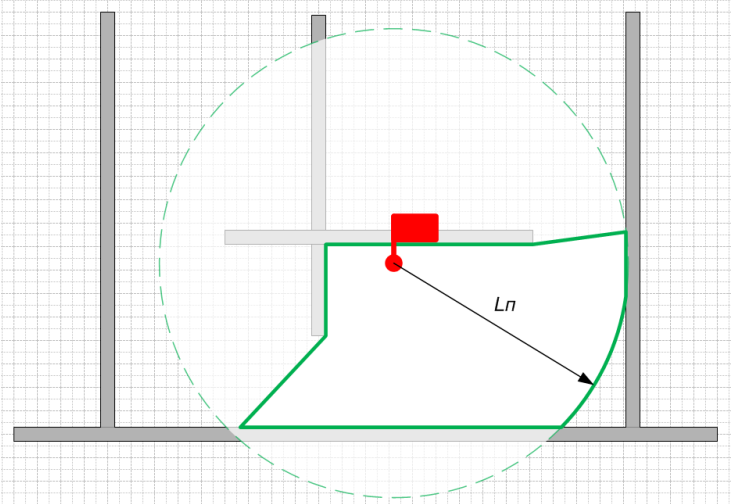


Рисунок 225 - Вычитание из круга фрагментов находящихся в «тени» ограждающих конструкций

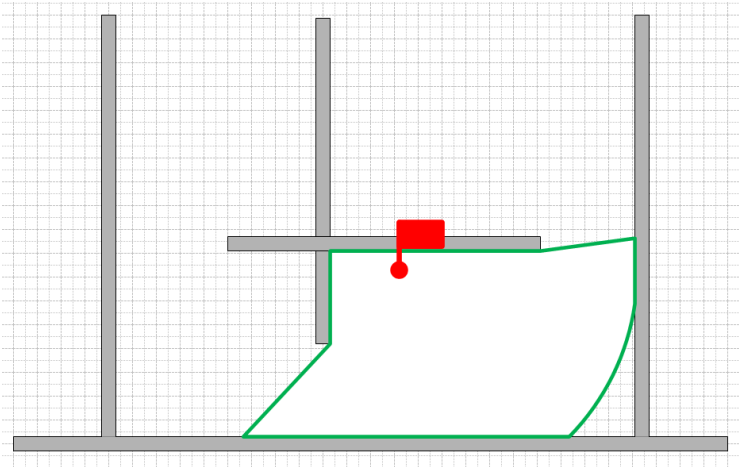


Рисунок 226 - Фигура после вычитания фрагментов находящихся в «тени» ограждающих конструкций

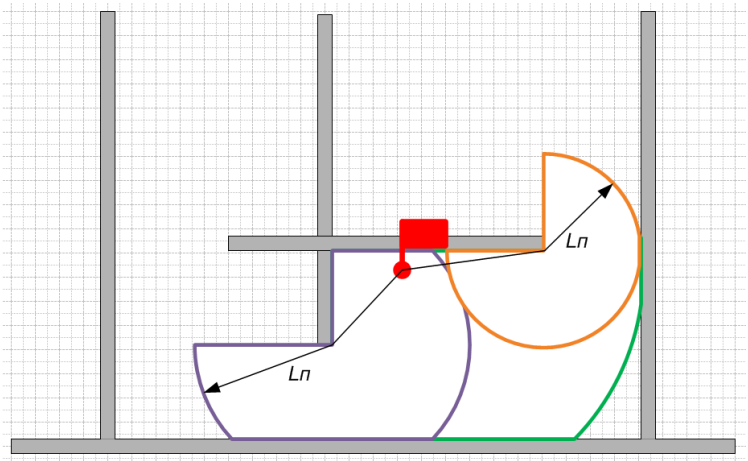


Рисунок 227 - Построение второй волны промежуточных фигур от углов ограждающих конструкций первой фигуры

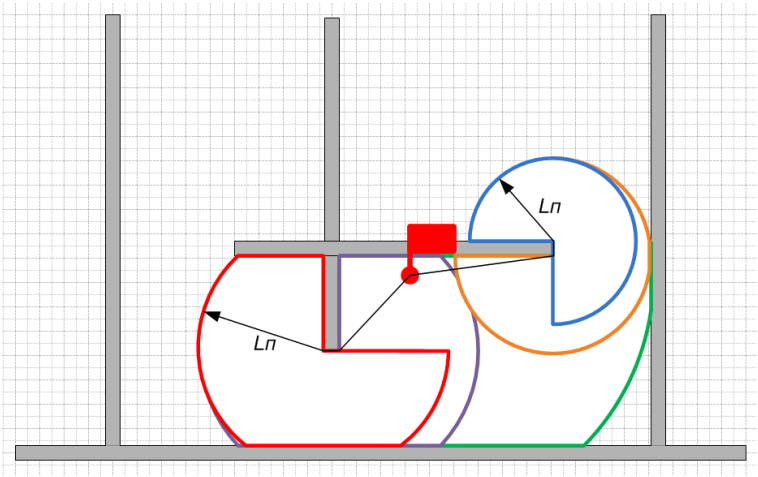


Рисунок 228 - Построение третьей волны промежуточных фигур от углов ограждающих конструкций фигур второй волны

Сам процесс построения промежуточных фигур скрыт от пользователя, поэтому он видит лишь конечный результат – итоговую фигуру, полученную объединением промежуточных (рис. 229).

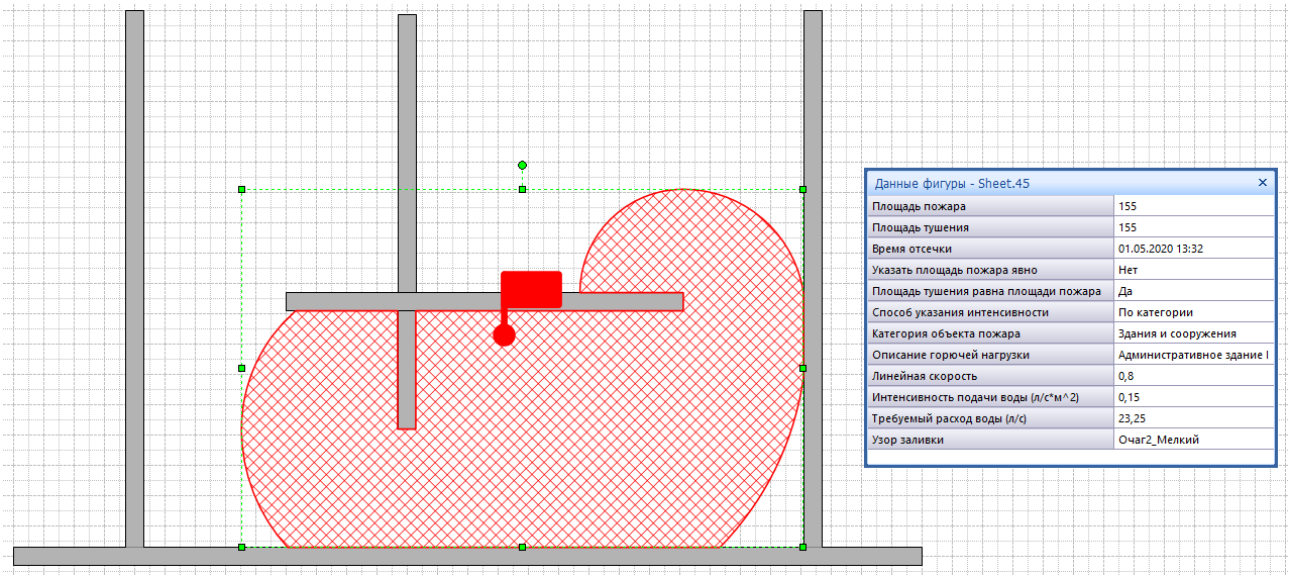


Рисунок 229 - Итоговая фигура полученная после объединения

Заключительным шагом построения является передача итоговой фигуре свойств, указанных пользователем в процессе подготовки к построению – описания горючей нагрузки, требуемой интенсивности подачи воды, линейной скорости распространения горения. Так же фигуре передается указанное пользователем или полученное в процессе расчета время отсечки (то астрономическое время, в которое пожар принимает полученную форму).

При расчете методом геометрических построений не учитывается время подачи пожарных стволов. Если вам требуется их учитывать в расчете, то рекомендуется воспользоваться построением площади пожара методом компьютерного моделирования.

6.2.2.2. Использование метода

Поскольку расчет формы площади пожара использует рассчитанное ранее значение пути пройденном огнем, то запуск процедуры построения так же осуществляется при помощи команды «Сформировать площадь пожара» фигуры «Очаг пожара» (рис. 217).

В окне «Исходные данные построения» после того, как будут указаны все исходные сведения для расчета пути, пройденного огнем, следует перейти на вкладку «Построение» в нижней части окна (рис. 230).

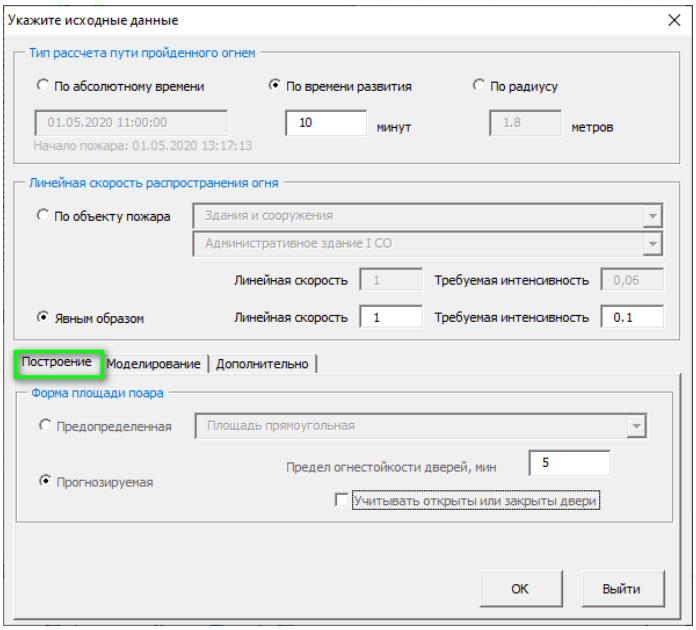


Рисунок 230 - Вкладка «Построение» окна «Исходные данные построения»

Данная вкладка располагает набором опций «Форма площади пожара». Пользователь может выбрать построение заранее **предопределенной** формы

площади пожара (см п.6.2.2.3) или же построение **прогнозируемой** площади с учетом конфигурации ограждающих конструкций.

Опция «Прогнозируемая» как наиболее востребованная активна по умолчанию. Когда она активна пользователь может дополнительно указать настройки того, как должны учитываться дверные проемы при расчете формы пожара (см п.6.2.2.4).

Именно опция «Прогнозируемая» отвечает за расчет формы площади пожара с использованием метода геометрических построений.

Когда все стартовые условия заданы для запуска расчета и построения следует нажать кнопку «ОК», после чего на рабочий лист в соответствии с расположением очага пожара, конфигурацией ограждающих конструкций и заданными стартовыми условиями будет добавлена рассчитанная фигура площади пожара.

На рисунке рис. 231 представлен ряд фигур площади пожара полученных методом геометрических построений с шагом 2 минуты и линейной скоростью распространения огня 1 м/мин. В диапазоне 2 – 20 минут от начала пожара.

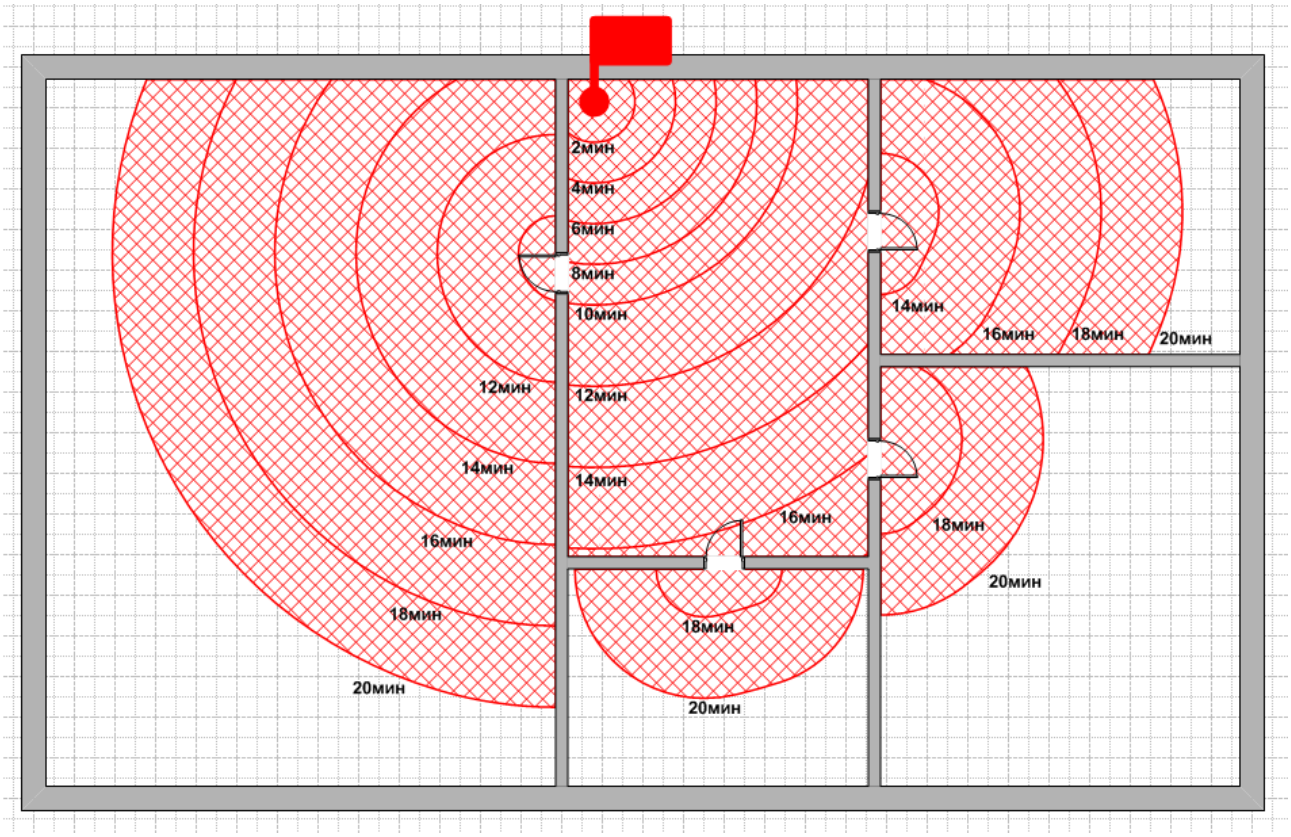


Рисунок 231 - Формы площади пожара расчитанные на различные временные интервалы

6.2.2.3. Построение простых форм

В ряде случаев, когда объект пожара имеет простую конфигурацию ограждающих конструкций, бывает очевидно, что итоговая площадь пожара будет иметь простую форму – прямоугольник, круг или сегменты круга. В таких случаях нет необходимости прибегать к сложным геометрическим построениям.

Для таких случаев ГраФиС располагает упрощенным вариантом построения площадей пожара (Рисунок 232 -).

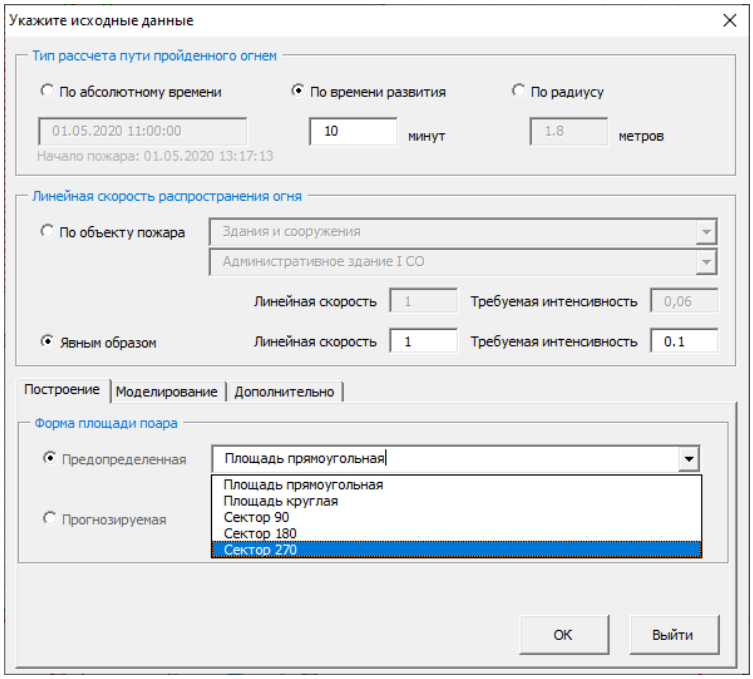


Рисунок 232 - Выбор формы плоащди пожара при помощи опции «Форма площади пожара» - «Предопределенная»

Пользователь может заранее выбрать какую именно форму пожара требуется получить:

- Площадь прямоугольная
- Площадь круглая
- Сектор 900
- Сектор 1800
- Сектор2700

Для этого в окне «Исходные данные построения» на вкладке «Построение» следует выбрать опцию «Предопределенная» и из ставшего активным выпадающего списка справа от заголовка выбрать требуемую форму пожара.

В этом случае на рабочий лист будет добавлена фигура «Зона горения» выбранной заранее формы и с размерами, соответствующими полученным

расчетным значениям. При этом конфигурация ограждающих конструкций будет проигнорирована – предполагается, что пользователь самостоятельно разместит фигуру так как он считает нужным.

6.2.2.4. Особенности учета дверных проемов в методе геометрических построений

В литературе, посвященной проведению пожарно-тактических расчетов в России, отсутствуют упоминания о том, каким образом следует учитывать дверные проемы при построении формы площади пожара. Поэтому в ГраФиС при расчете формы пожара методом геометрических построений пользователю предоставлена некоторая свобода в данном вопросе.

На вкладке «Построение» окна «Исходные данные построения» имеется ряд настроек относящихся к учету дверных проемов (рис. 233). Эти настройки активны только в случае, если выбрана опция «Прогнозируемая».

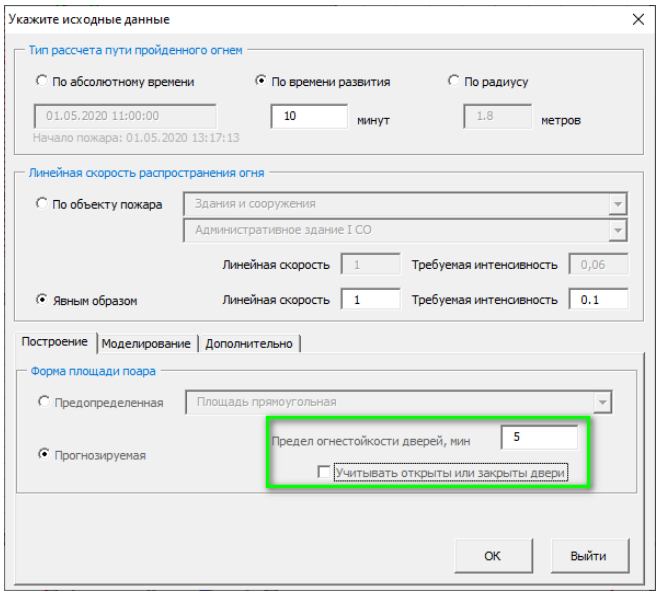


Рисунок 233 - Настройки расчета дверных проемов

Значение в поле «Предел огнестойкости дверей» указывает временной промежуток от начала воздействия огня на дверь после которого программа начнет строить зону горения с другой стороны двери. При этом построение будет начато от середины фигуры двери.

По умолчанию значение предела огнестойкости дверей равно 5 минутам.

Опция «Учитывать открыты или закрыты двери» отвечает за то влияет ли внешний вид фигуры двери на расчет площади пожара.

В том случае, если данная опция активна, дверной проем рассматривается как разрыв в ограждающих конструкциях, предел огнестойкости дверей не учитывается, огонь свободно распространяется далее.

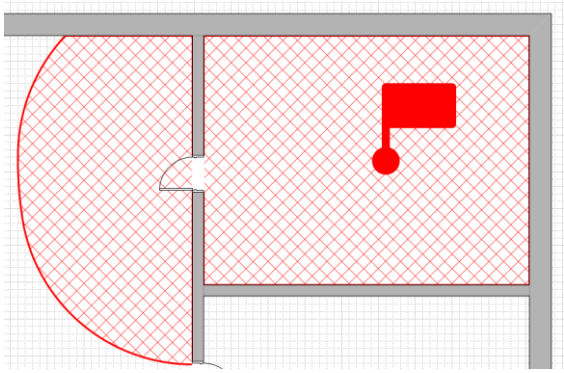


Рисунок 234 - Распространение огня на противоположную сторону открытой двери при включенной опции «Учитывать открыты или закрыты двери»

Во всех остальных случаях дальнейшее распространение огня в помещение отделенное дверью начинается только после того, как время воздействия огня на нее превысит ее предел огнестойкости – не зависимо от того, открыта дверь или нет (рис. 235).

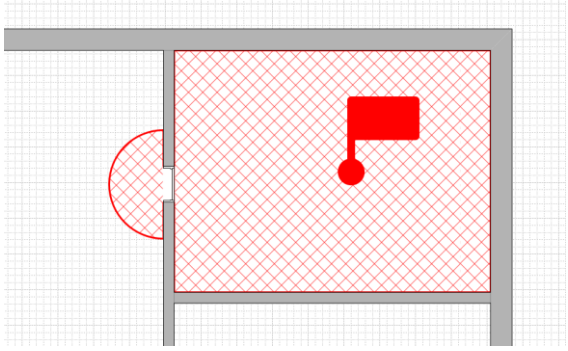


Рисунок 235 - Распространение огня на противоположную сторону двери после преодоления ее огнестойкости

Опция «Учитывать открыты или закрыты двери» бывает полезна в тех случаях, когда в расчетах следует учесть влияние того, какие двери были открыты, на процесс развития пожара.

6.2.2.5. Достоинства метода геометрических построений

Среди положительных сторон данного метода следует отметить:

1. Результирующие фигуры площадей пожара имеют аккуратный, геометрически правильный контур, в точности обходящий контуру ограждающих конструкций.

2. Метод относительно прост для понимания принципов его использования пользователем.

6.2.2.6. Недостатки метода геометрических построений

Среди основных недостатков данного метода можно назвать следующие:

1. Расчет формы пожара методом геометрических построений не позволяет учитывать переход площади пожара к прямоугольной форме при достижении ограждающих конструкций.

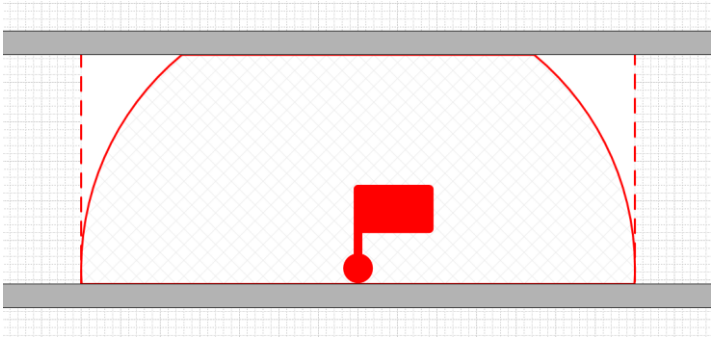


Рисунок 236 - Сплошаня линия - форма площади пожара построенная при помощи метода геометрических построения. Пунктирная линия – форма площади пожара в соответствии с правилами проведения пожарно-тактических расчетов

2. При расчете не учитывается влияние поданных пожарных стволов. То есть, скорость распространения горения всегда составляет:

- При времени развития пожара менее 10 минут: 0,5 указанного пользователем (табличного) значения
- При времени развития пожара свыше 10 минут: полное указанное пользователем (табличное) значение

Площадь пожара при расчете будет увеличиваться с нормальной скоростью даже в случае, если фактически расхода воды достаточно для прекращения его распространенбия.

3. Возможность проведения расчета только от единственной стартовой точки – фигуры «Очаг пожара». Отсутствует возможность продолжения расчета от построенных ранее форм.

6.2.3. Расчет формы площади пожара с использованием компьютерного моделирования

Построение площади пожара при помощи геометрических построений позволяет получить довольно аккуратные и точно огибающие строительные конструкции, фигуры зоны горения. Вместе с тем, как видно из главы п.6.2.2.6,

данная методика имеет и ряд существенных недостатков, которые ограничивают применение полученных фигур при проведении пожарно-тактических расчетов с использованием стандартных правил, применяемых в России.

Более того, алгоритм, используемый при геометрических построениях, слишком сильно зависит от встроенных функций MS Visio, что препятствует его совершенствованию. Фактически, возможность добавления требуемого функционала в данный метод отсутствует.

Поэтому в 2018 году, по итогам НИР «Разработка автоматизированной информационно-графической системы для компьютерного моделирования оперативно-тактических действий подразделений пожарной охраны» в АИГС ГраФиС-Тактик был добавлен второй механизм расчета и построения форм площади пожара основанный на компьютерном агентном моделировании пожара с использованием клеточных автоматов.

6.2.3.1. Описание метода компьютерного моделирования формы площади пожара

При компьютерном моделировании площади пожара все место тушения пожара рассматривается как дискретное пространство, состоящее из системы клеток. Каждая клетка может иметь одно из состояний – быть горючей нагрузкой (свободным пространством) или быть элементом ограждающих конструкций. По клеткам горючей нагрузки огонь может распространяться, по клеткам ограждающих конструкций – нет (рис. 237.)

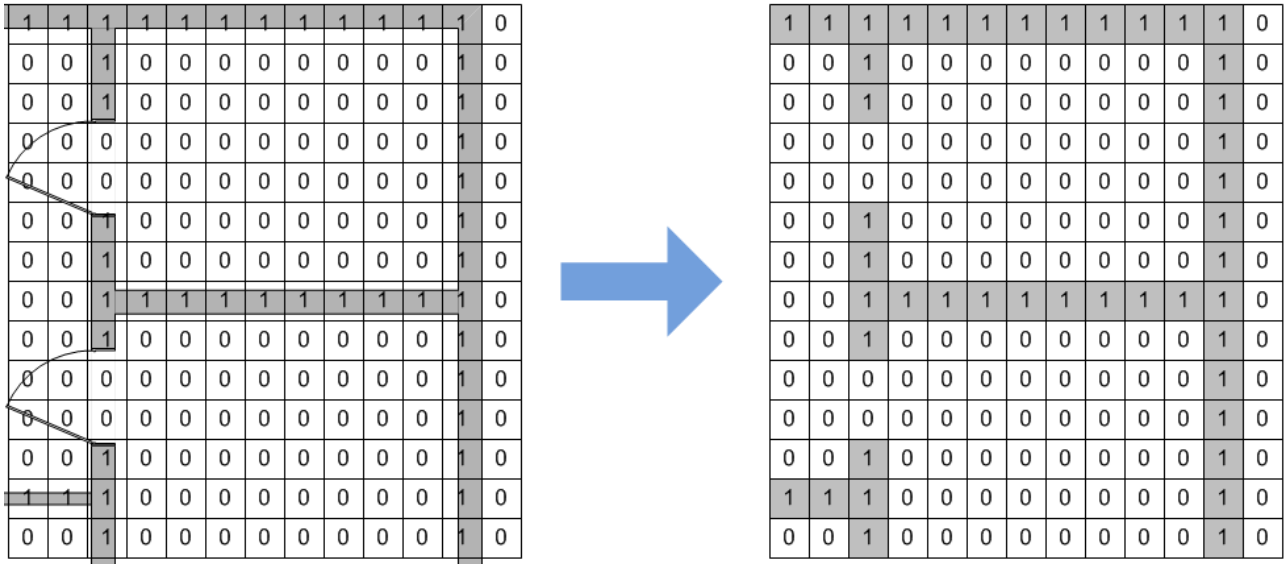


Рисунок 237 - Интерпретация ограждающих конструкций в матрице окружающего пространства. 1 – клетки непроницаемые для огня. 0 – клетки горючей нагрузки.

В процессе моделирования клетки могут загораться, приобретая значение мощности горения в диапазоне от 0 до 100. Значение 0 говорит о том, что клетка не горит, значение 100 – клетка горит с максимальной мощностью.

Если мощность горения клетки превышает значение 7 (полученное экспериментальным путем), то клетка начинает распространять горение на смежные с ней клетки горючей нагрузки. При этом мощность передаваемого смежным клеткам горения P_n равна:

$$P_N = 0{,}1 \cdot P_c \cdot K_N \qquad (2)$$

где, 0,1 – замедляющий коэффициент;

P_c – мощность горения текущей клетки от которой выполняется расчет влияния на смежные;

K_N – коэффициент расположения клетки – для клеток, расположенных ортогонально по отношению к текущей K_N=0,1, для клеток, расположенных по диагонали K_N=0,1414214.

Значения K_N были получены исходя из теоремы Пифагора: если принять расстояние между центрами клеток расположенными ортогонально равным 1, то расстояние между клетками, расположенными по диагонали, будет равно $\sqrt{2} = 1{,}414214$, а значит влияние, оказываемое на смежные клетки, будет обратно пропорционально этим величинам (рис. 238). Другими словами, мощность, передаваемая ближе расположенным ортогональным клеткам, будет в 1,1414214 раза больше, чем мощность, передаваемая клеткам, расположенным по диагонали, так как они расположены дальше на 1,1414214.

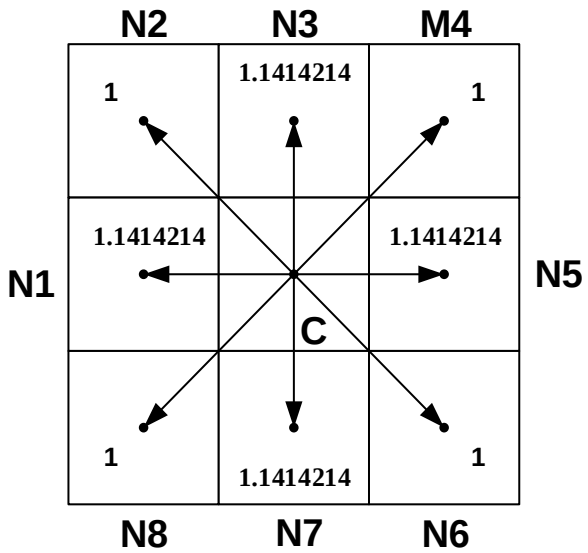


Рисунок 238 - Влияние центральной клетки на смежные

Расчет состояния клеток выполняется итеративно – то есть пошагово.

На рисунке рис. 239 приведена визуализация процесса моделирования распространения горения для 6 шагов.

10	14	10
14	100	14
10	14	10

Шаг 1

1	3	4	3	1
3	24	34	24	3
4	34	100	34	4
3	24	34	24	3
1	3	4	3	1

Шаг 2

3	10	14	10	3
10	44	62	44	10
14	62	100	62	14
10	44	62	44	10
3	10	14	10	3

Шаг 3

	1	3	4	3	1	
1	11	25	34	25	11	1
3	25	77	100	77	25	3
4	34	100	100	100	34	4
3	25	77	100	77	25	3
1	11	25	34	25	11	1
	1	3	4	3	1	

Шаг 4

1	5	11	14	11	5	1
5	25	55	71	55	25	5
11	55	100	100	100	55	11
14	71	100	100	100	71	14
11	55	100	100	100	55	11
5	25	55	71	55	25	5
1	5	11	14	11	5	1

Шаг 5

		1	3	4	3	1	
	4	16	30	38	30	16	4
1	16	53	100	100	100	53	16	1
3	30	100	100	100	100	100	30	3
4	38	100	100	100	100	100	38	4
3	30	100	100	100	100	100	30	3
1	16	53	100	100	100	53	16	1
	4	16	30	38	30	16	4	
		1	3	4	3	1		

Шаг 6

Рисунок 239 - Рост площади горения при моделировании дискретным клеточным автоматом

Далее, на рисунке рис. 240, представлен результат моделирования для 30 шагов. Видно, что форма пожара близка к правильному кругу. Эксперименты с методикой показали, что точность построения округлой формы с использованием данного метода составляет порядка 99%.

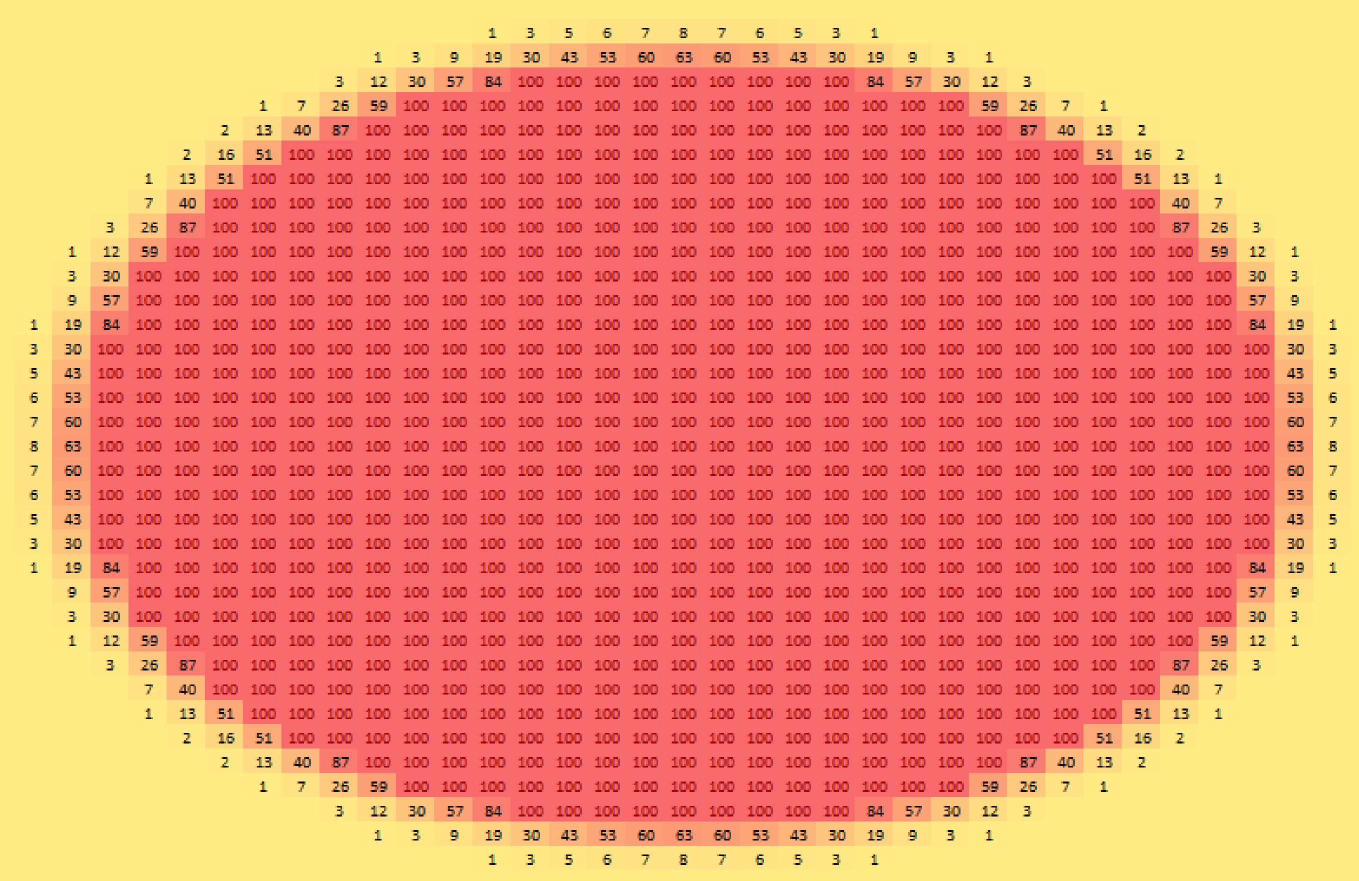


Рисунок 240 - Результат моделирования зоны горения дискретным клеточным автоматом для 30 шагов

После каждого шага расчета из всех клеток, горящих с максимальной мощностью, формируется фигура зоны горения для данного шага. Вычисляется ее площадь, путь пройденный огнем для данного шага, а в случае наличия поданных на тушение пожарных стволов, рассчитывается фактическая площадь тушения, требуемый и фактический расходы воды и оценивается возможность дальнейшего распространения огня (более подробно о влиянии поданных пожарных стволов см. п.6.2.3.7). Наконец, фигура визуализируется средствами Visio.

Поскольку в качестве основы для моделирования принят тактический метод построения площади пожара, не предусматривающий распространения огня через ограждающие конструкции, они считаются условно непроницаемыми для огня.

Матрица окружающего пространства рассчитывается один раз – перед началом моделирования. Это позволяет существенно повысить скорость работы алгоритма, за счет того, что программной надстройке не требуется каждый шаг пересчитывать матрицу проверяя наличие ограждающих конструкций в каждой

из клеток. Результат работы алгоритма с учетом ограждающих конструкций можно увидеть на рисунке рис. 241.

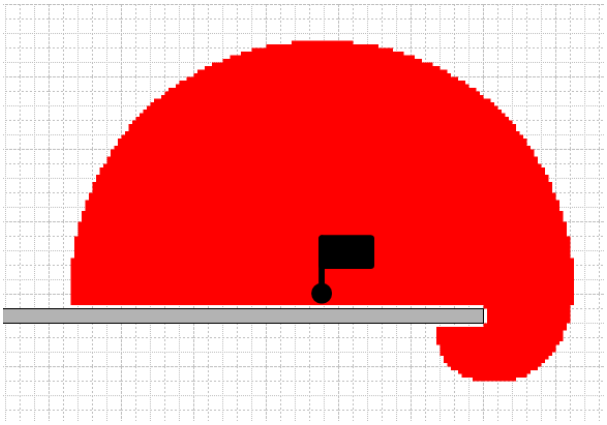


Рисунок 241 - Результат моделирования зоны горения с учетом непроницаемости для огня ограждающих конструкций

Важно подчеркнуть, что выбранный способ применим только в рамках пожарно-тактических расчетов – моделирование реальной физической картины пожара с использованием нее невозможно.

Однако, мы рассмотрели лишь процесс моделирования зоны горения. В целом же алгоритм расчета и построения формы площади пожара с использованием метода компьютерного моделирования будет выглядеть следующим образом:

1. Рассчитывается матрица окружающего пространства. Для этого при помощи специального алгоритма анализируется конфигурация ограждающих конструкций и в зависимости от нее соответствующие клетки матрицы получают значение 1, соответствующее непроницаемости для горения. Зерно матрицы (размер клеток указываются пользователем). Этот процесс называется «Запекание» (см. п.6.2.3.3)
2. Определяются точки фронта пожара. На первом шаге такими точками являются фигуры «Очаг пожара». На последующих шагах собственно клетки фронта пожара – клетки, граничащие с не горящими клетками горючей нагрузки
3. Выполняются шаг расчета зоны горения от клеток фронта пожара. Контуры всех загоревшихся на данном шаге клеток при помощи команды приложения Visio Unioun (Объединить) объединяются в итоговую фигуру зоны горения. Если учитываемый путь, пройденный огнем на данном шаге, не превышает расчетный (см. п.6.2.1),

повторяется шаг 2. Иначе, моделирование формы площади пожара считается законченным – переход к шагу 4

4. Полученная геометрическая фигура обращается в фигуру ГраФиС «Зона горения» - наделяется соответствующими свойствами, характерными для данной фигуры

6.2.3.2. Матрица окружающего пространства

Основой для работы клеточного автомата является матрица окружающего пространства. Матрица представляет собой виртуальную таблицу в памяти ЭВМ, каждая ячейка (клетка) которой соответствует точке в пространстве рабочего лита с определенными координатами. Размер клетки называется зерном и измеряется в миллиметрах. Каждая клетка помимо своего положения имеет одно из состояний:

0 – клетка является клеткой открытого пространства. Подразумевается, что огонь может свободно распространяться по клеткам открытого пространства, т.е. в них имеется горючая нагрузка

1 – клетка является клеткой ограждающих конструкций и по ней огонь распространяться не может

Допустим клетка с зерном 200мм имеет координаты 40:35 и значение 1. Это означает, что в точке рабочего листа Visio с координатами x=40*200=800мм и y=35*200=700мм находится стена и данная клетка не может участвовать в распространении огня.

Процесс формирования матрицы заключается в определении наличия ограждающих конструкций в каждой точке определенного размера пространства рабочего листа и присвоении соответствующим клеткам значения 1. Этот процесс называется «Запеканием».

Запеченная матрица с точки зрения ЭВМ, в процессе вычислений площади пожара, выглядит так, как это показано на рисунке рис. 237.

6.2.3.3. Запекание матрицы окружающего пространства

Для запуска процесса запекания пользователю следует в окне «Исходные данные» перейти на вкладку «Моделирование». В верхней части данной вкладки расположен блок элементов управления запеканием матрицы (рис. 242).

В поле «Размер зерна» отображается размер ячейки матрицы в миллиметрах. В случае, если матрица уже была запечена ранее в данном поле будет показано фактическое значение размера зерна, а ниже появится надпись

зеленого цвета «Матрица запечена». Если же матрица еще не была запечена, то в данном поле будет показано значение размера зерна по умолчанию, а под поле будет отображено предупреждение красного цвета «Матрица не запечена».

При выборе размера зерна следует руководствоваться следующим соображением:

Чем больше размер зерна, тем быстрее будет запечена матрица, но менее точным будет расчет. И наоборот – чем меньше зерно матрицы, тем дольше она запекается, но при этом более точным будет расчет.

По умолчанию предлагается размер зерна матрицы равный 200мм. Практика работы показала, что такой размер наиболее оптимален с точки зрения скорости запекания и точности расчета. Однако, рекомендуется для каждой конкретной ситуации размер зерна подбирать исходя из особенностей схемы объекта пожара.

Для запуска процедуры запекания следует указать размер зерна и воспользоваться кнопкой «Запечь матрицу». После запуска процесса запекания под полем «Размер зерна» будет отображен ход процесса запекания – процент выполнения задачи. По завершении процесса запекания там же будет показан результат и потребовавшееся время – «Матрица запечена за *n* секунд».

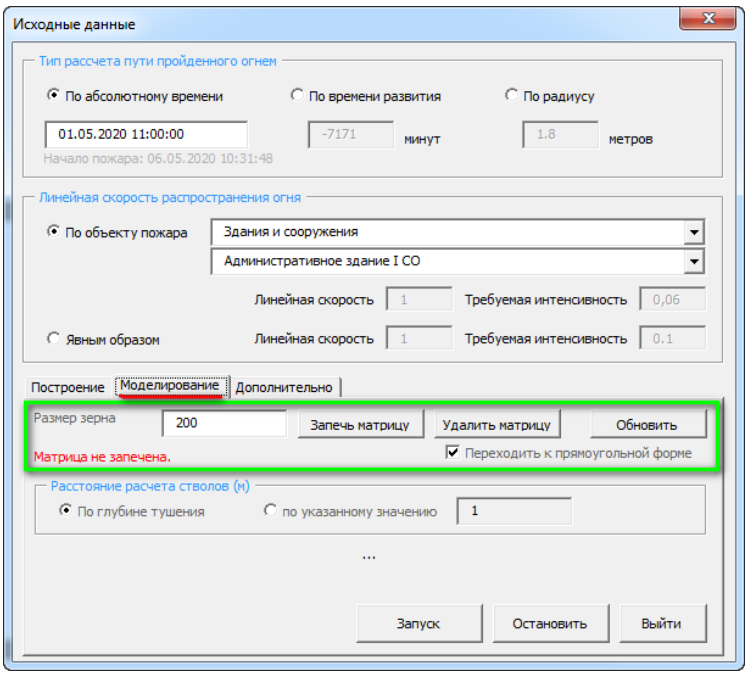


Рисунок 242 - Настройки запекания матрицы

Для того, чтобы удалить запеченную ранее матрицу следует воспользоваться кнопкой «Удалить матрицу». После чего запеченная матрица

будет выгружена из памяти ЭВМ и процесс моделирования станет недоступен до момента пока не будет запечена новая матрица.

При помощи команды «Обновить» (п.6.2.3.10) пользователь может обновить содержащиеся в матрице сведения о конфигурации окружающих конструкций. Требуется это в том случае, если на разных этапах моделирования площади пожара имелась различная конфигурация ограждающих конструкций. Например, спустя какое-то время были открыты двери или уничтожена стена и т.д.. Операция «Обновить» распространяется только на конфигурацию ограждающих конструкций. Все прочие данные, такие как конфигурация зоны горения, содержащиеся в матрице будут сохранены.

В отдельных случаях, программа может выдать предупреждение о невозможности запекания (рис. 243).

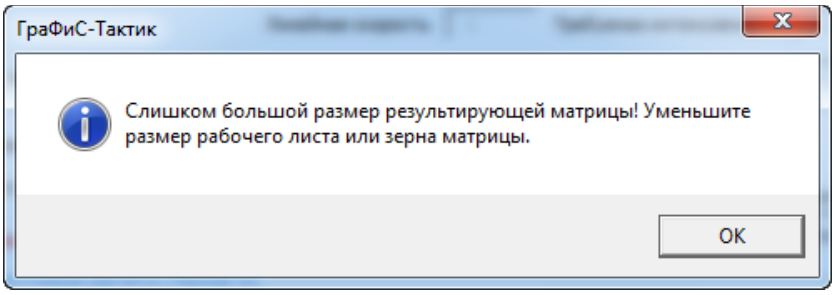


Рисунок 243 - Предупреждение о невозможности запекания

Данное предупреждение появляется в тех случаях, когда размер результирующей матрицы превышает 1200000 клеток. Связано это с тем, что расчет матрицы подобного размера и дальнейшее моделирование пожара могут оказаться слишком длительными. В случае появления этого предупреждения следует увеличить размер зерна или уменьшить размер рабочего листа. При этом в случае, если фактиче5ские размеры объекта пожара слишком велики, размер рабочего листа можно уменьшить только на время моделирования площади пожара, так как это показано на рисунке рис. 244.

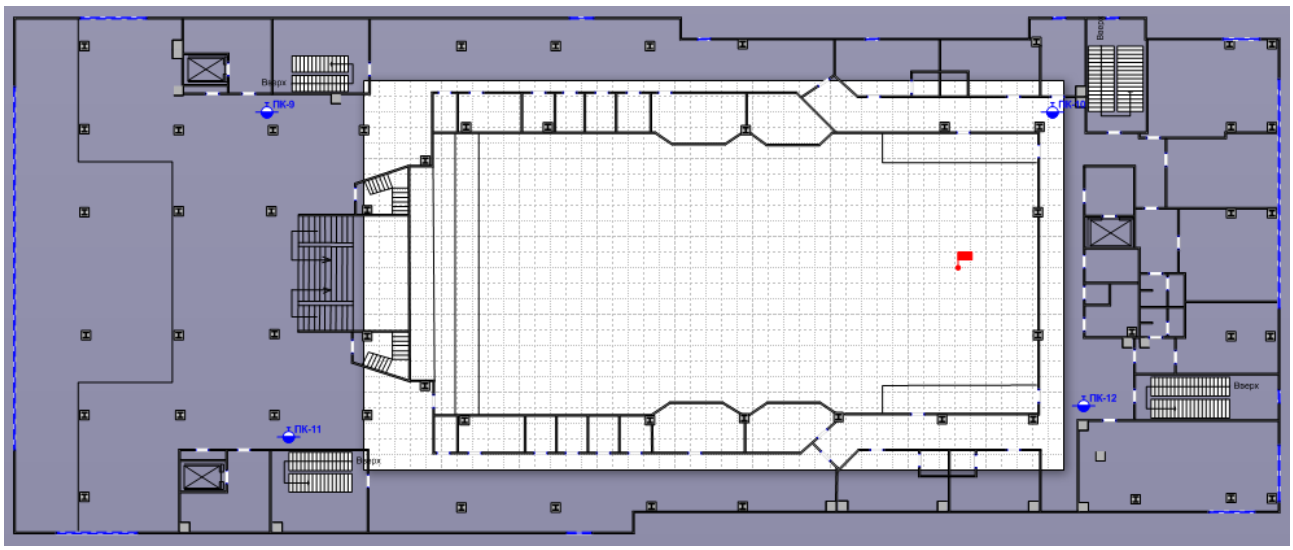


Рисунок 244 - Уменьшение размера рабочего листа для повышения точности моделирования пожара на крупных объектах. В данном случае моделирвоание будет производиться только для зрительного зала объекта

6.2.3.4. Алгоритм запекания матрицы окружающего пространства

Запекание матрицы окружающего пространства при реализации в среде MS Visio - процесс, требующий значительных затрат времени. Это связано с технической сложностью элементарных операций определения наличия фигур ограждающих конструкций в той или иной точке пространства рабочего листа. Поэтому запекание производится только один раз – при первом запуске механизма моделирования. В дальнейшем полученная матрица сохраняется в специальном программном объекте текущей сессии выполнения проекта VBA, для многократного использования. Пользователь в случае изменения конфигурации ограждающих конструкций (перемещении стен или открытии/закрытии дверей) может обновить ее.

Временная сложность наиболее простого алгоритма запекания матрицы ограждающих конструкций проверкой каждой клетки матрицы прямо пропорциональна количеству клеток в матрице, т.е.: $O(a \times b)$. Таким образом, в случае если матрица имеет размер 1000×1000 клеток, то для ее запекания потребуется 1000000 операций. Время запекания может оказаться довольно значительным и для крупных матриц составить до нескольких десятков минут. При этом, не важно сколько стен изображено на рабочем листе – одна, сто или тысяча. Время, требуемое для запекания матрицы, будет одинаково велико и будет зависеть от размера листа и зерна матрицы.

Поэтому для ускорения процесса запекания матрицы окружающего пространства для ГраФиС был разработан специальный алгоритм, который

учитывает расположение фигур стен на рабочем листе. На рисунке рис. 245 представлена блок-схема данного алгоритма.

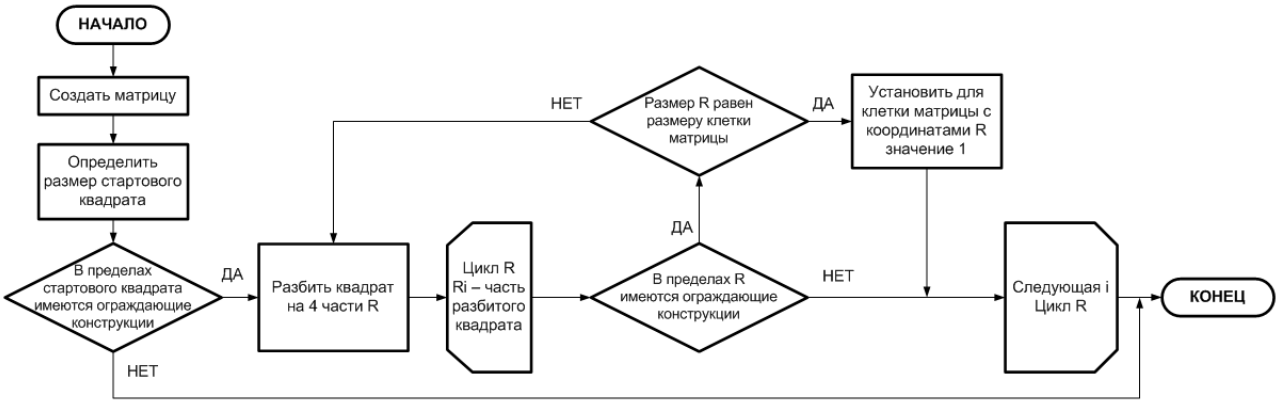


Рисунок 245 -

Рассмотрим работу алгоритма на следующем примере. Рабочий лист имеет размеры (в масштабе 25м×25м). Небольшую часть его занимает изображение здания неправильной формы с одним входом.

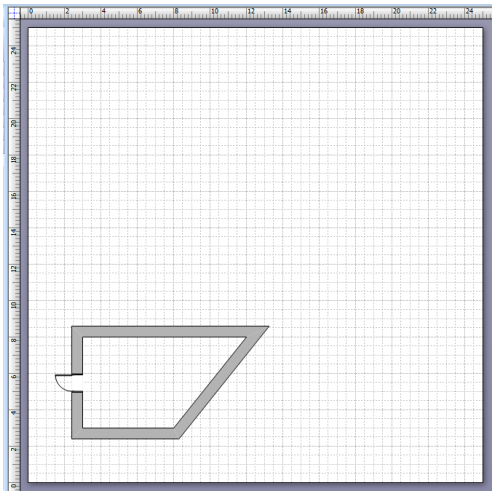


Рисунок 246 - Пример схемы объекта для визуализации работы алгоритма

Запустим процесс запекания матрицы для данного объекта. Выберем размер зерна 200м.

1. Создается матрица

Количество ячеек в матрице по вертикали будет равно 25000мм / 200мм = 125. Поскольку размер листа по горизонтали равен размеру по вертикали, то и по горизонтали количество ячеек будет так же 125. Тогда матрица будет иметь размер 125×125 и состоять из 15625 клеток.

2. Создается фигура ограждающих конструкций

Для того чтобы не анализировать в процессе работы алгоритма каждую из размещенных на рабочем листе фигур ограждающих конструкций, контур их всех объединяется в единую фигуру, называемую «Маска ограждающих конструкций». В дальнейшем при проверке наличия стен в той или иной точке проверяется наличие в ней только маски. Такой подход так же позволяет снизить сложность алгоритма.

3. Определяется размер стартового квадрата

Размер стартового квадрата определяется следующим образом. Размер зерна умножается на 2 до тех пор, пока полученный результат не будет больше и ширины, и высоты листа. Это требуется для того, чтобы с одной стороны было проанализировано все пространство рабочего листа, а с другой стороны при делении квадрата на 2 в итоге получились ячейки, соответствующие размеру зерна матрицы.

В данном случае размер стартового квадрата составил 25600мм.

4. Проверяем наличие маски в пределах квадрата

Для проверки используется функция MS Visio HitTest, позволяющая определить вхождение точки с определенными координатами в контур фигуры для которой вызывается функция. Функция позволяет указывать так же чувствительность поиска – радиус вокруг точки, нахождение в пределах которого контура фигуры будет рассматриваться как нахождение точки внутри фигуры. В данном случае, в качестве чувствительности выступает половина размера квадрата умноженная на $\sqrt{2}$. Координатой же поиска является центр квадрата. Таким образом будет осуществляться поиск маски по всей площади квадрата.

В случае если в пределах квадрата будет обнаружено наличие маски ограждающих конструкций, квадрат будет разделен на четыре равные части (рис. 247) для каждой из которых будет рекурсивно выполняться пункт 4 до тех пор, пока в пределах квадрата будет не обнаружено наличие маски ограждающих конструкций или же квадрат достигнув размера зерна матрицы не будет однозначно определен, как клетка с наличием в ней ограждающих конструкций (рис. 248 - рис. 249).

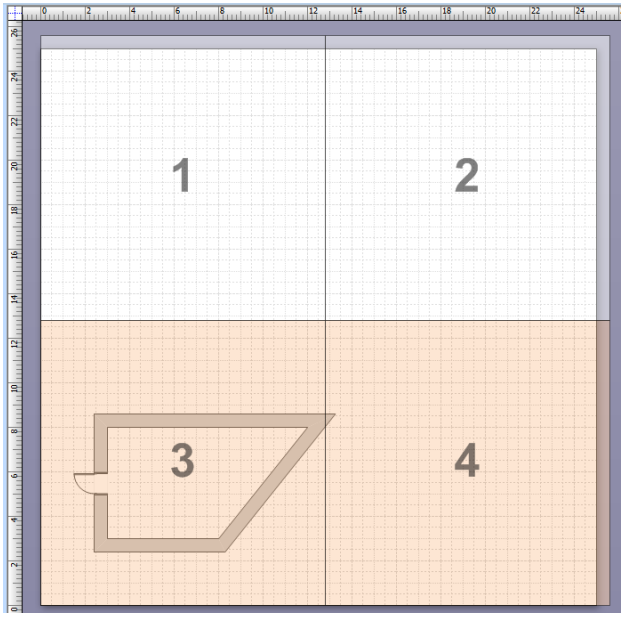


Рисунок 247 - Стартовый квадрат разбит на четыре части. В частях 3 и 4 определено наличие маски ограждающих конструкций

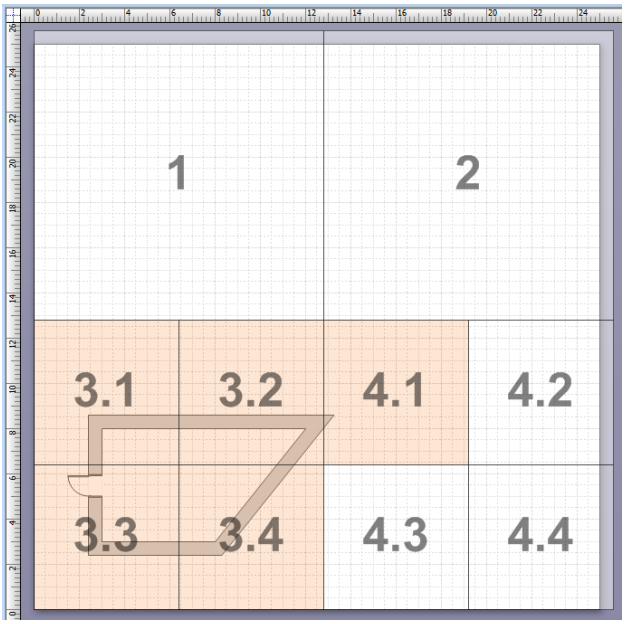


Рисунок 248 - Дальнейшее разбиение квадратов. Квадраты 4.2, 4.3, 4.4 не содержат маски ограждающих конструкций – для них проверка окончена. Для квадратов выделенных розовым цветом будет продолжена разбивка

Таким образом, по завершении проверки все клетки, оказавшиеся в пределах маски ограждающих конструкций, получат значения 1. Все прочие сохранят значение 0. На рисунке рис. 249 показано графическое представление проанализированных в результате работы алгоритма блоков - синим цветом выделены проверенные квадраты. Оставшееся открытым пространство - клетки ограждающих конструкций.

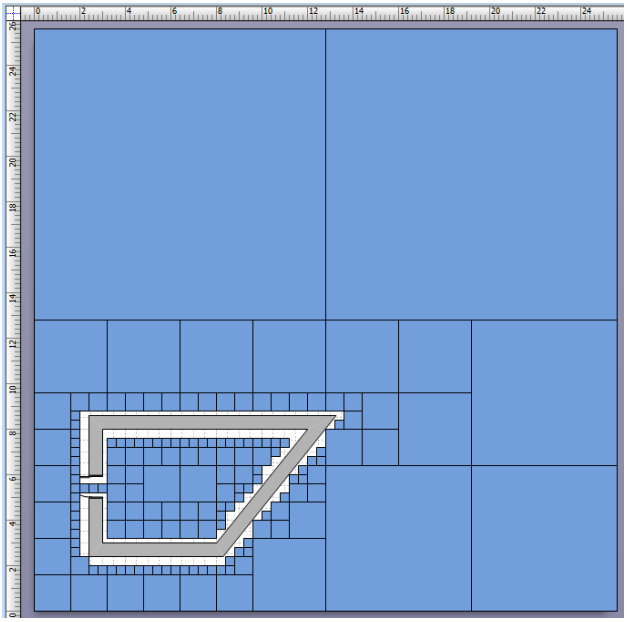


Рисунок 249 - Результат проверки

На выходе, после работы алгоритма получена матрица ограждающих конструкций, которая в дальнейшем будет использована для моделирования формы площади пожара.

6.2.3.5. Настройка и запуск моделирования

Расчет формы площади пожара при помощи метода компьютерного моделирования, как и расчет при помощи метода геометрических построений отталкивается от рассчитанного ранее значения пути пройденном огнем. Таким образом, запуск данной процедуры так же осуществляется при помощи команды «Сформировать площадь пожара» фигуры «Очаг пожара» (рис. 217).

В окне «Исходные данные построения», после того как будут указаны все исходные сведения для расчета пути, пройденного огнем, следует перейти на вкладку «Моделирование» в нижней части окна (рис. 250).

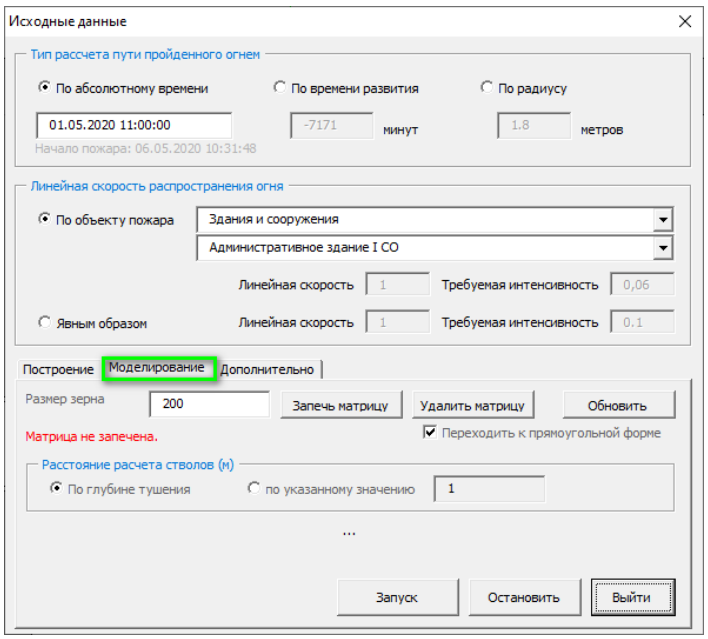


Рисунок 250 - Вкладка «Моделирование» окна «Исходные данные построения»

В первой строке данной вкладки расположен набор элементов управления связанных с запеканием матрицы. Более подробно они рассмотрены в пункте п.6.2.3.3.

Под кнопкой «Удалить матрицу» расположена опция «Переходить к прямоугольной форме». В случае, если данная опция включена, при моделировании зона горения будет принимать прямоугольную форму всякий раз при достижении ограждающих конструкций. В противном случае, переход к прямоугольной форме осуществляться не будет и полученная фигура площади пожара будет схожа с формой, которая может быть получена с использованием метода геометрических построений. Более подробно о переходе к прямоугольной форме можно прочесть в п.6.2.3.8.

Ниже расположена рамка «Расстояние расчета стволов». Опции данного блока позволяют выбирать какое значение следует использовать в качестве расстояния тушения стволов. Это значение используется как расстояние, на котором будет учитываться влияние поданных пожарных стволов на рост площади пожара. Более подробно об учете влияния имеющихся на схеме фигур пожарных стволов можно прочесть в п.6.2.3.7.

Помимо настроек, расположенных на вкладке «Моделирование», некоторые настройки расположены на вкладке «Дополнительно» (рис. 251).

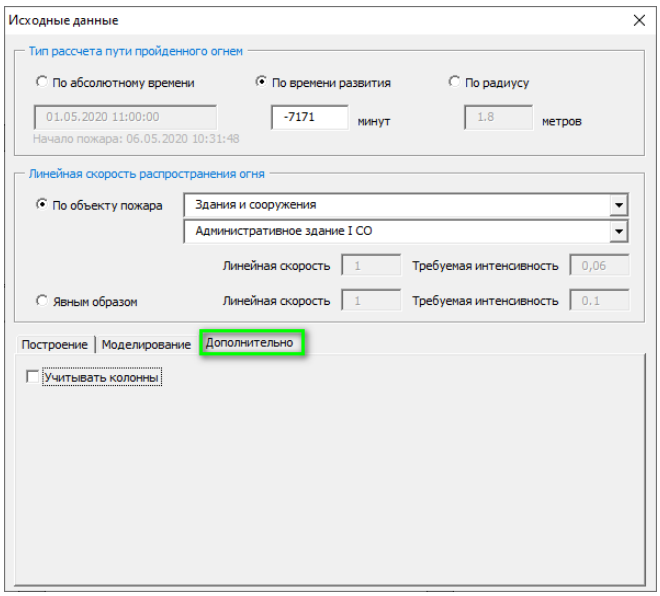


Рисунок 251 - Вкладка «Дополнительно» окна «Исходные данные построения»

В версии АИГС ГраФиС-Тактик 12.1.00 в этой вкладке расположена только одна опция – «Учитывать колонны». Опция отвечает за то, следует ли включать фигуры колонн в маску ограждающих конструкций при построении формы площади пожара методом геометрических построений и запекании матрицы открытых пространств. По умолчанию она выключена.

В целом, порядок запуска сессии построения площади пожара с использованием метода компьютерного моделирования, следующий:

1. При помощи команды «Сформировать площадь пожара» фигуры «Очаг пожара» открыть окно «Исходные данные построения»
2. Указать исходные данные для расчета пути, пройденного огнем
3. Запечь матрицу окружающего пространства
4. Указать расстояние расчета стволов
5. Запустить сессию моделирования при помощи кнопки «Запуск»

Под сессией моделирования понимается полный цикл моделирования для текущих условий. Например, пользователь хочет смоделировать площадь пожара на моменты 5, 10 и 15 минут от начала пожара. Получается, что для полного построения потребуется три этапа. Для расчета каждого этапа будет запущена новая сессия моделирования, при этом она будет отталкиваться от результатов моделирования, полученных на предыдущем этапе – площадь по состоянию на 5 минут будет строиться от очага пожара, площадь по состоянию на 10 минут от площади на 5 минут и площадь по стоянию на 15 минут от площади на 10 минут.

Необходимо обратить внимание, что в отличие от расчета формы площади пожара при помощи геометрических построений, при компьютерном моделировании площади пожара в поле «по времени развития» указывается время не с начала пожара, а время моделирования на текущей сессии. Так, для приведенного выше примера потребуется указать время развития 5 минут для всех трех сессий: 0+5=5минут, 5+5=10 минут; 10+5=15 минут.

Процесс моделирования площади пожара осуществляется в фоновом режиме. Окно «Исходные данные» не закрывается, и пользователь может наблюдать процесс в динамике, а при необходимости остановить текущую сессию моделирования воспользовавшись кнопкой «Остановить». В этом случае все данные моделирования так же будут зафиксированы и от них можно будет начать следующую сессию.

В нижней части окна «Исходные данные» (рис. 252) отражается состояние процесса моделирования:

- шаг текущей сессии расчета
- расчетный путь, пройденный огнем, м
- время текущей сессии расчета, мин
- площадь пожара, м^2
- фактическая площадь тушения (п.6.2.3.7), м^2
- требуемый для локализации на текущей площади тушения расход воды, л/с

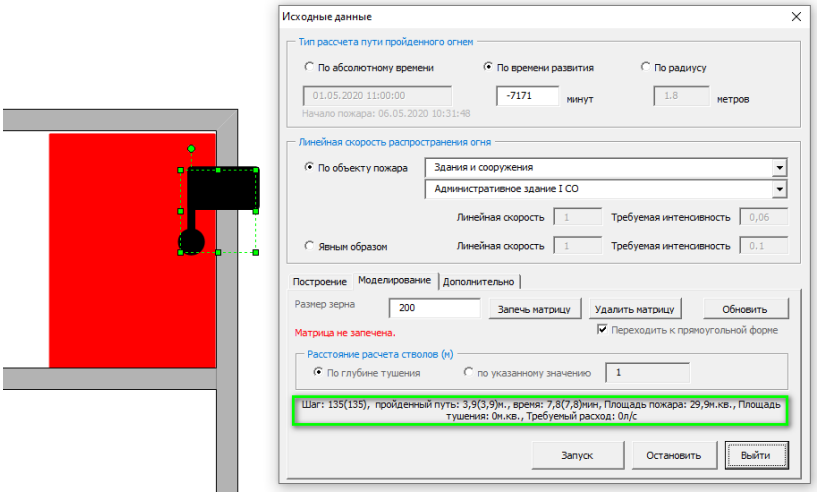


Рисунок 252 - Состояние окна «Исходные данные» в процессе моделирования. Зеленым выделена строка состояния процесса

В строке состояния в круглых скобках указываются итоговые значения всего процесса моделирования.

По завершении текущей сессии моделирования полученная фигура обращается (п.4.6.6) в фигуру «Зона горения». Ей присваиваются указанные значения линейной скорости распространения горения, требуемой интенсивности подачи воды, тип горючей нагрузки, время отсечки, а также фактическая площадь тушения в случае, если она больше 0.

6.2.3.6. Алгоритм распространения горения

На рисунке рис. 253 представлена блок-схема алгоритма расчета распространения горения с использованием матрицы окружающего пространства

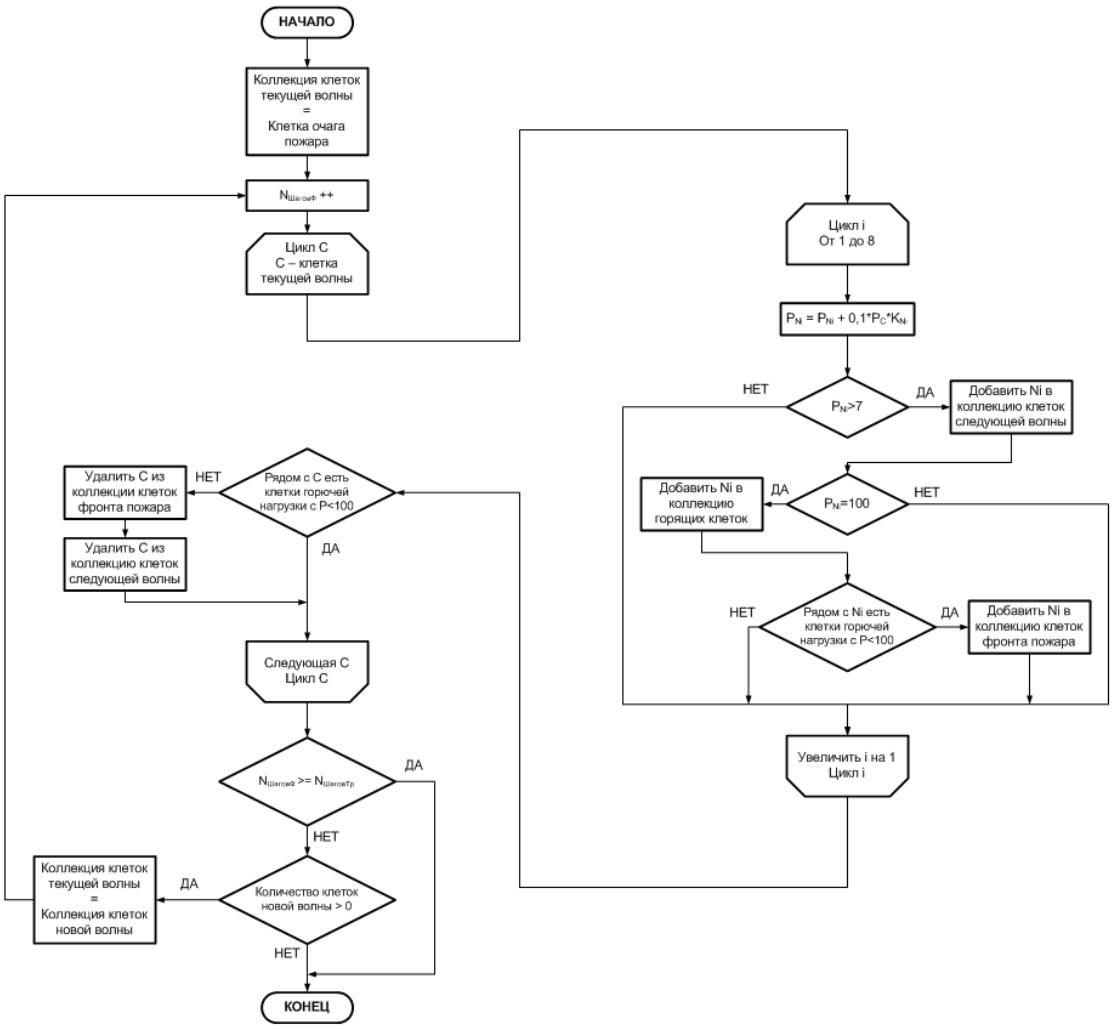


Рисунок 253 - Блок-схема алогритма расчета распространения горения

При описании алгоритма использованы следующие термины и обозначения:

Шаг расчета – полный цикл расчета распространения горения для всех клеток коллекции текущей волны за одну итерацию (повторение).

Фактическое количество шагов – количество итераций расчета, прошедшее с момента начала расчета. В блок схеме обозначается как $N_{ШаговФ}$.

Требуемое количество шагов – количество шагов расчета, требуемых для преодоления расчетного расстояния пути, пройденного огнем (п.6.2.1). В данном случае расстояние рассматривается для идеального случая – без учета воздействия приборов подачи воды и конфигурации ограждающих конструкций (п.6.2.3.11). Фактическое расстояние, пройденное огнем с учетом этих факторов, может отличаться. В блок схеме обозначается как $N_{ШаговТр}$.

Коллекция клеток текущей волны – набор клеток для которых на текущем шаге производится расчет.

Коллекция клеток новой волны – набор клеток для которых необходимо будет произвести расчет на следующей итерации. В рамках алгоритма, после завершения каждого шага расчета для коллекции клеток текущей волны, коллекция клеток новой волны становится коллекцией текущей волны.

Коллекция горящих клеток – коллекция всех клеток, горящих с мощностью 100. Сумма площадей всех клеток коллекции равна площади пожара по состоянию на данный шаг расчета.

Коллекция клеток фронта пожара – коллекция всех клеток, горящих с мощностью 100 и при этом граничащих с хотя бы одной клеткой горючей нагрузки, у которой мощность горения меньше 100.

Клетка текущей волны – клетка для которой в данный момент выполняется расчет распространения мощности горения на соседние клетки. В блок-схеме обозначается *C*.

Клетка подверженная влиянию мощности горения – клетка которой передается мощность горения рассматриваемой клетки текущей волны. В блок схеме обозначается как N_i, где i – порядковый номер клетки согласно правилу, представленному на изображении рис. 238.

$\boldsymbol{P_C}$ – мощность горения рассматриваемой клетки текущей волны.

$\boldsymbol{P_{Ni}}$ – мощность горения клетки подверженной влиянию.

$\boldsymbol{K_{Ni}}$ – коэффициент расположения клетки (рис. 238).

Пользователь имеет возможность в любой момент остановить процесс расчета площади пожара, зафиксировав ее состояние. Так же он имеет

возможность продолжить расчет используя в качестве стартовых кондиций расчета зафиксированное ранее состояние. При этом, если пользователь выйдет из программы или же процесс расчета завершится аварийно с выбросом ошибки, состояние площади пожара будет обнулено, и пользователь будет вынужден начать расчет заново.

6.2.3.7. Учет поданных пожарных стволов

Одним из принципиальных преимуществ метода компьютерного моделирования является возможность учитывать влияние на развитие пожара поданных приборов подачи огнетушащих веществ.

В пожарной тактике принято считать, что линейная скорость распространения огня составляет [1., стр.10-11]:

При времени развития пожара менее 10 минут:

$$v_{л} = 0{,}5 \cdot v_{л.т.} \qquad (2.1)$$

где, $v_{л}$ – расчетная линейная скорость распространения огня, м/мин;
$v_{л.т.}$ - табличная линейная скорость распространения огня, м/мин.

При времени развития пожара свыше 10 минут и до момента введения пожарных стволов:

$$v_{л} = 1 \cdot v_{л.т.} \qquad (2.2)$$

При времени развития пожара свыше 10 минут и при условии, что пожарные стволы уже поданы, но их расхода ОТВ не достаточно для локализации пожара:

$$v_{л} = 0{,}5 \cdot v_{л.т.} \qquad (2.3)$$

При времени развития пожара свыше 10 минут и при условии, что пожарные стволы уже поданы и их расхода ОТВ достаточно для локализации пожара:

$$v_{л} = 0 \qquad (2.4)$$

Эти же закономерности положены в основу учета влияния приборов подачи воды на моделирование развития пожара.

Таблицы линейной интенсивности можно найти вы любом справочнике РТП или учебном пособии по пожарной тактике и здесь они не приводятся. В

базе данных ГраФиС-Справочник найти эту таблицу можно в разделе «Основные параметры пожара» -> «Пожароопасные свойства объектов пожара».

Упрощенно алгоритм учета влияния поданных пожарных стволов на рост площади пожара выглядит следующим образом:

1. Перед запуском каждой сессии моделирования определяется расположение и свойства, имеющихся на схеме (в модели боевых действий) пожарных стволов. Стволы, отмеченные как маневренные, не учитываются.
2. На каждом шаге моделирования осуществляется проверка пересечения фронта пожара с направлением действия каждого из пожарных стволов. Определяются обрабатываемые участки фронта пожара и стволы, работающие на каждом из них.
3. Для каждого обрабатываемого участка фронта пожара производится расчет размера фрагмента фактической площади тушения. При этом глубина тушения принимается: 5м для ручных пожарных стволов и 10м для лафетных пожарных стволов [2., 18.].
4. Для каждого обрабатываемого участка фронта пожара, исходя из указанного пользователем в процессе настройки значения требуемой интенсивности подачи воды <u>определяется требуемый расход воды</u> $Q_i^{\text{ТР}}$ для локализации горения на данном фрагменте площади тушения.
5. Для каждого обрабатываемого участка фронта пожара суммируются расходы воды из стволов, работающих на данном участке – <u>определяется фактический расход воды</u> $Q_i^{\text{Ф}}$.
6. Для каждого обрабатываемого участка фронта пожара сравниваются фактический и требуемый расход воды.

$$\text{если}, Q_i^{\text{Ф}} \geq Q_i^{\text{ТР}}$$

Дальнейший расчет распространения огня на данном участке производиться не будет – $v_{\text{л}} = 0$

$$\text{если}, Q_i^{\text{Ф}} < Q_i^{\text{ТР}}$$

Дальнейший расчет распространения огня на данном участке будет производиться только на каждом втором шагу – $v_{\text{л}} = 0{,}5 \cdot v_{\text{л.т.}}$

где, $Q_i^{\text{Ф}}$ – фактический расход воды на i-м участке фронта пожара; $Q_i^{\text{ТР}}$ – требуемый расход воды на i-м участке фронта пожара

Рассмотрим пример расчета распространения пожара с учетом влияния поданных пожарных стволов представленный на рисунке Рисунок 254 -.

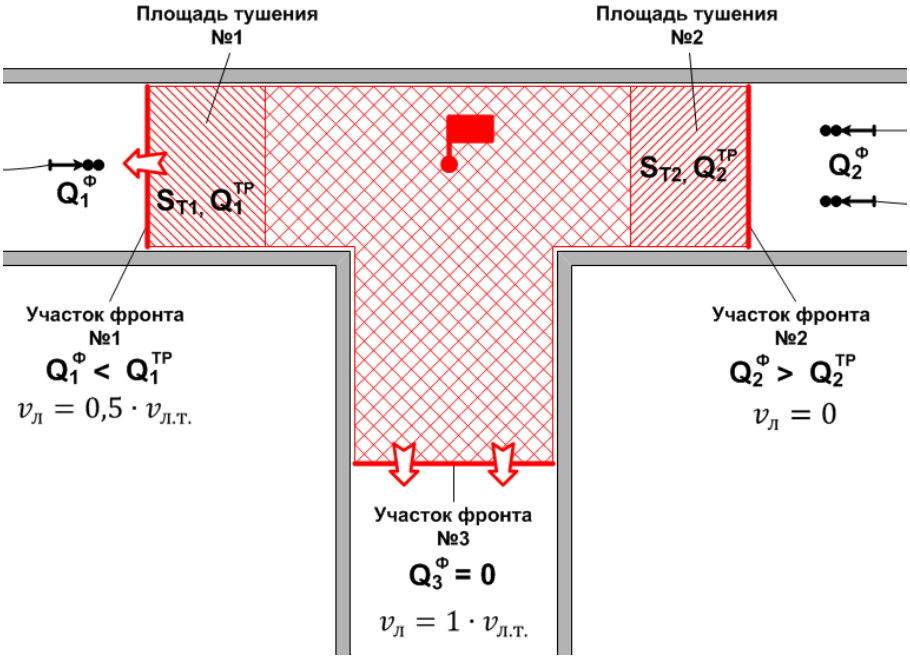


Рисунок 254 - Влияние расхода из поданных пожарных стволов на распространение пожара на различных участках фронта

На представленной схеме можно увидеть какое влияние окажет количество поданных пожарных стволов, а точнее их суммарная производительность (фактический расход воды):

- на участке фронта пожара №1 подан один пожарный ствол. Расхода воды недостаточно для прекращения распространения горения на данном направлении. Распространение горения в дальнейшем будет происходить не слишком интенсивно - с половиной табличного значения ($v_л = 0{,}5 \cdot v_{л.т.}$).
- на участке фронта пожара №2 подано два пожарных ствола. Расхода воды достаточно для прекращения распространения огня на данном направлении ($v_л = 0$).
- на участке фронта пожара №3 стволов не подано, а значит огонь в данном направлении продолжит интенсивно распространяться ($v_л = 1 \cdot v_{л.т.}$).

Необходимо отметить, что ввиду учета влияния приборов, фактический путь, пройденный огнем может оказаться меньше расчетного. При этом он может отличаться для различных участков фронта пожара. Поэтому в случае с расчетом формы площади пожара методом компьютерного моделирования, полагаться на

расчетное значение этого параметра, как на показатель развития пожара не следует.

Учет влияния стволов на фронт пожара осуществляется следующим образом (рис. 255). От ствола строится условная прямая в направлении работы ствола. В случае если прямая пересекается с фронтом пожара, то считается что ствол работает на тушение. В случае же если прямая пересекается с фигурой ограждающих конструкций, считается, что ствол находится в другом помещении и вода, подаваемая им, в зону горения не попадает. Такой ствол в расчете не учитывается.

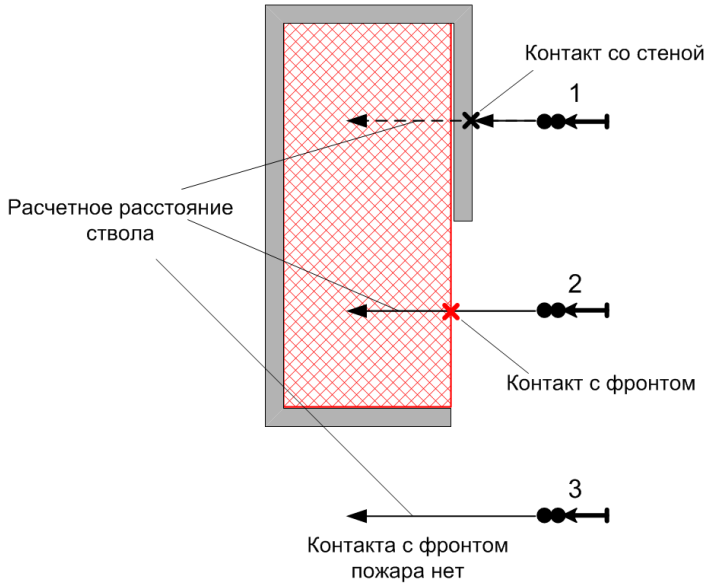


Рисунок 255 - Ствол №1 не оказывает влияния на расчет, т.к. на направлении его работы находится стена. Ствол №2 влияет на расчет, т.к. в пределах его расчетного расстояния находится фронт пожара. Ствол №3 не оказывает влияния на расчет, т.к. в пределах его расчетного расстояния нет фронта пожара.

Длина расчетного расстояния работы ствола по умолчанию равна глубине тушения стволов: 5 для ручных и 10 м для лафетных. Однако, пользователь может указать иные значения. Так, например, если в процессе настройки на вкладке «Моделирование» окна «Исходные данные» будет выбрана опция «по указанному значению» (рис. 256) и будет указано значение 1 м, то для того, чтобы влияние приборов подачи ОТВ было учтено при моделировании, их необходимо будет располагать на расстоянии не более 1 метра от фронта пожара. Если же будет указано значение 100м, то пожарные стволы можно будет располагать на значительном удалении и все равно их влияние будет учтено. Выбор требуемого расстояния расчета стволов зависит от конкретной ситуации и цели составления модели, но в большинстве случаев, расстояния совпадающего с глубиной тушения стволов достаточно.

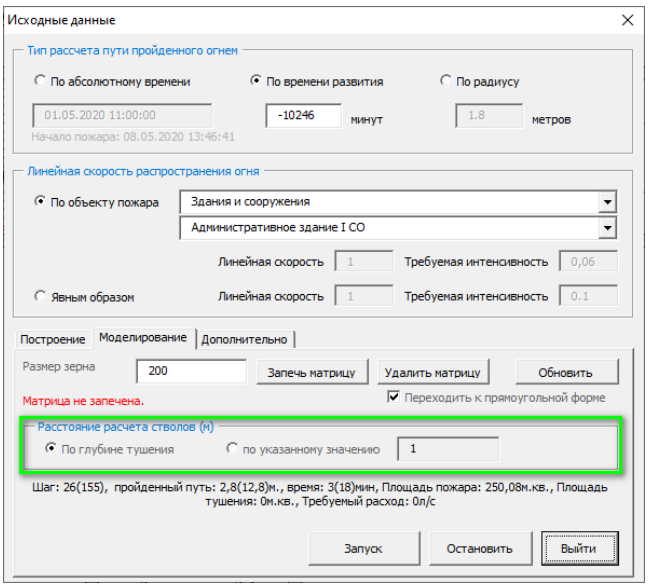


Рисунок 256 - Настройка расстояния расчета стволов окна «Исходные данные построения»

Увидеть радиус, соответствующий глубине тушения ствола можно, если в выпадающем меню фигуры ствола выбрать команду «Показывать глубину тушения» (рис. 257).

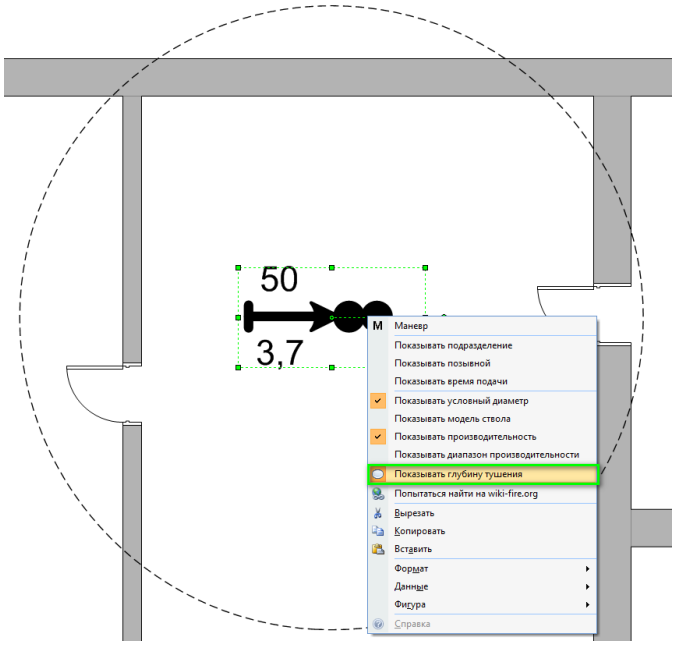


Рисунок 257 - Команда «Показывать глубину тушения» выпадающего меню фигур приборов подачи ОТВ

6.2.3.8. Переход к прямоугольной форме

В принятой в Российской Федерации методике расчета формы площади пожара существует правило, согласно которого, при достижении ограждающих конструкций, форма площади пожара принимает прямоугольную форму. Введено это правило с той целью, чтобы упростить дальнейший расчет площади пожара, так как изначально пожарно-тактические расчеты предназначались для проведения на месте пожара, а в таких условиях задача точного определения

площади пожара сложной формы представляется крайне трудоемкой и как следствие чреватой ошибками без существенного повышения точности расчета.

ГраФиС позволяет производить вычисление площади пожара любой, даже самой причудливой формы. Однако, чтобы в полной мере соответствовать принятым правилам, при расчете формы площади пожара методом компьютерного моделирования имеется возможность рассчитывать переходы к прямоугольной форме.

По умолчанию данная настройка включена всегда, но пользователь может отключить ее, воспользовавшись соответствующей опцией в окне «Исходные данные построения» (рис. 258).

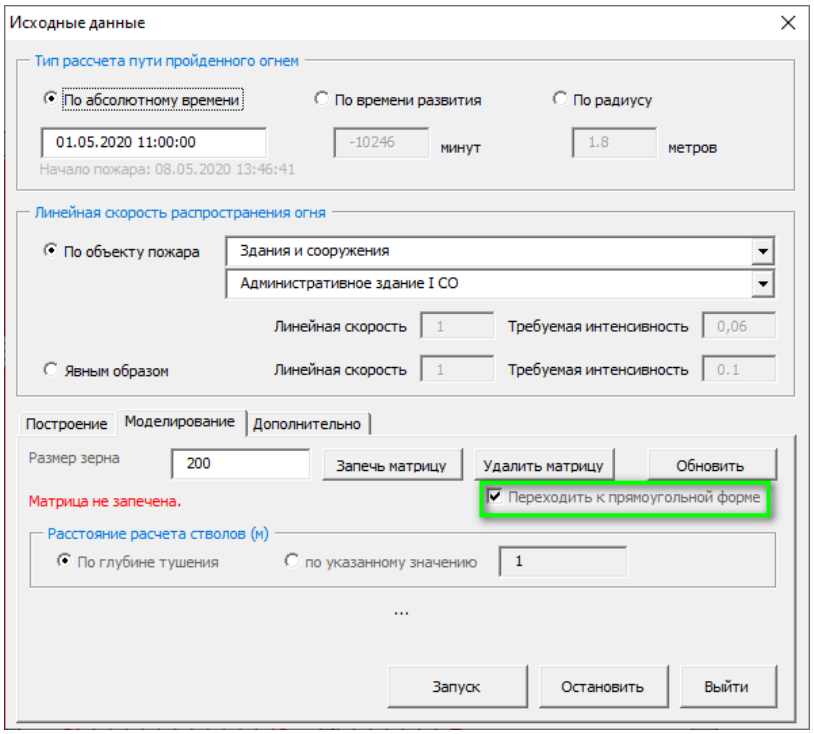


Рисунок 258 - Опция перехода к прямоугольной форме площади пожара окна «Исходные данные построения»

Несмотря на кажущуюся простоту данного правила, переход к прямоугольным формам пожара в условиях сложных конфигураций ограждающих конструкций может представлять немалую алгоритмическую и практическую сложность. Зачастую, в таких условиях построение формы площади пожара без применения ГраФиС невозможно вообще.

6.2.3.9. Алгоритм перехода к прямоугольной форме

Согласно принципам построения площади пожара тактическим методом, пожар изначально распространяясь принимает форму круга, но при достижении ограждающих конструкций переходит к прямоугольной форме (рис. 259) [19].

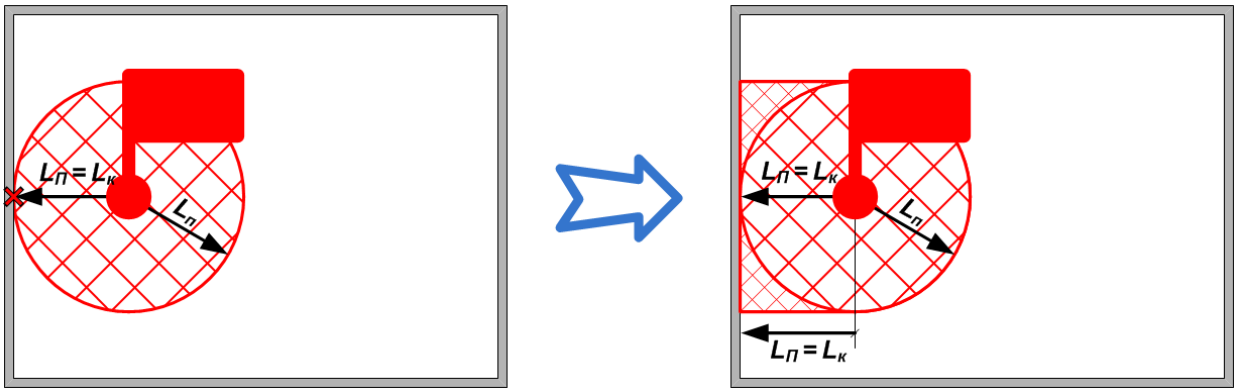


Рисунок 259 - Переход к прямоугольной форме пожара, согласно тактического метода построения. $L_п$ – путь пройденный огнем, $L_к$ – расстояние до ограждающих конструкций (стен)

Решения задачи перехода от круглой формы к прямоугольной ни в одном из рассмотренных в рамках работы над АИГС ГраФиС источников предложено не было [3., 20., 21.]. Не удалось обнаружить решения данной задачи и за рамками контекста пожарной тактики. В связи с этим алгоритм расчета перехода к прямоугольной форме был разработан самостоятельно.

При разработке алгоритма за основу было принято следующее положение: При переходе к прямоугольной форме фронт площади пожара всегда перпендикулярен рассматриваемой ограждающей конструкции.

Таким образом, логика алгоритма заключается в следующем:

1. При достижении зоны горения ограждающей конструкции определяются клетки контакта. Признаком таких клеток является, наличие в окрестностях одновременно горящих клеток, клеток ограждающих конструкций и не горящих клеток свободного пространства. На рисунке (рис. 260) видно, что клетка 0 горит, и имеет в своем окружении и клетки ограждающих конструкций и клетки свободного пространства. Таким образом, клетка 0 является клеткой контакта. Все прочие клетки данным условиям не удовлетворяют: клетки 1 и 2 не имеют в своем окружении клеток открытого пространства, клетки 3 и 4 не имеют в своем окружении клеток ограждающих конструкций, клетка 5 не горит.

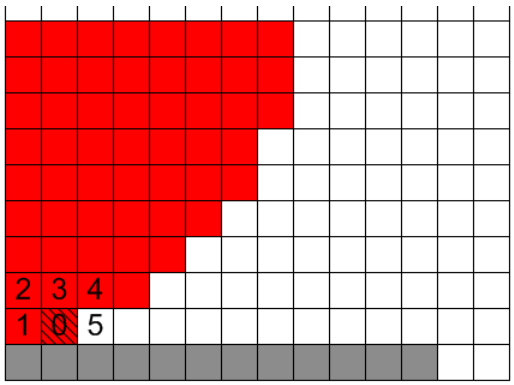


Рисунок 260 - Определение клетки контакта. Серым цветом выделены клетки ограждающих конструкций, красным – зоны горения, белым – не горящие клетки

2. Начиная от клетки контакта для каждой следующей клетки вдоль ограждающей конструкции, проводится проверка – коснется ли проведенный от нее луч перпендикулярный ограждающей конструкции, зоны горения (рис. 261).

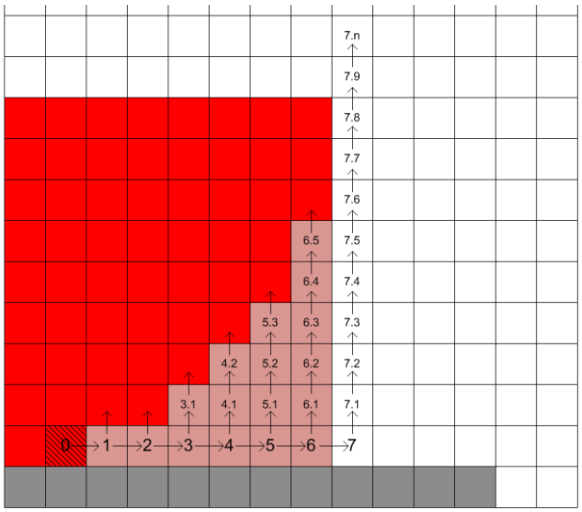


Рисунок 261 - Наглядное представление алгоритма перехода к прямоугольной форме. Алгоритм завершается т.к. луч перпендикулярный ограждающей конструкции из точки 7 не коснулся зоны горения

3. В случае если это происходит все клетки, входящие в этот луч, считаются горящими.
4. Алгоритм заканчивает работу, если луч не коснется зоны горения (рис. 261) или очередная точка окажется за пределами ограждающей конструкции (рис. 262). После этого все клетки зоны, оказавшейся внутри перпендикуляра, добавляются в зону горения. На следующем шаге расчета горение продолжается уже от них.

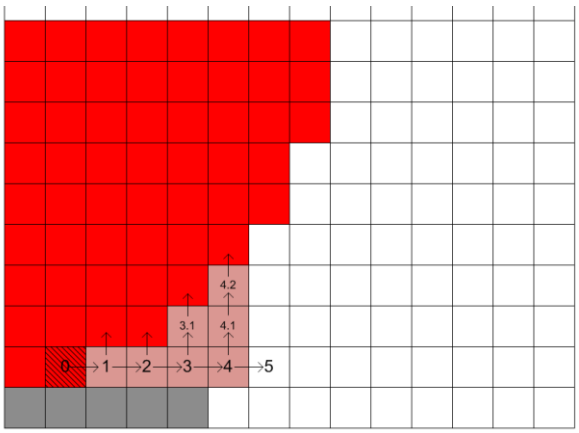


Рисунок 262 - Алгоритм завершается, т.к. клетка 5 не имеет в окружении клеток ограждающих конструкций

Итог работы алгоритма в целом можно увидеть на рисунке Рисунок 263 -.

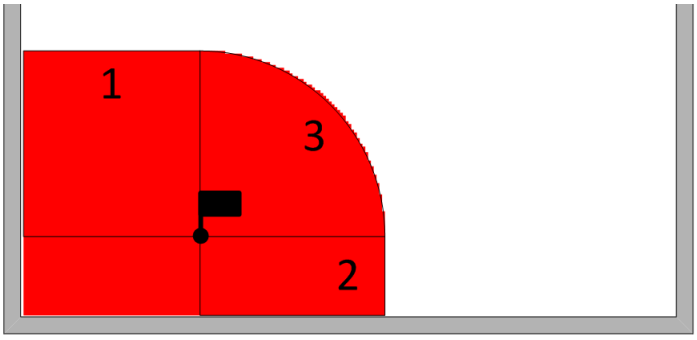


Рисунок 263 - Работа алгоритма перехода к прямоугольной форме. Сегменты 1 и 2 имеют фронт пожара в виде прямой линии перпендикулярной ограждающим конструкциям. Сегмент 3 сохранил форму полукруга.

6.2.3.10. Обновление матрицы окружающего пространства

Бывают случаи, когда в процессе построения формы площади пожара методом компьютерного моделирования следует учитывать изменение конфигурации ограждающих конструкций в различные моменты времени. Например, часто встречающейся задачей является учет влияния открытия дверей в следствии их прогорания или вскрытия пожарными подразделениями.

В отличие от расчета формы площади пожара при помощи метода геометрических построений, при расчете методом компьютерного моделирования двери не имеют предела огнестойкости и рассматриваются либо как элемент ограждающих конструкций полностью непроницаемый для огня, либо как проем в стене и в этом случае, огонь проходит через него свободно.

Однако, расчет маски ограждающих конструкций, а значит и учет состояния дверей происходит только в начале моделирования (п.6.2.3.3).

Для того, чтобы изменить конфигурацию ограждающих конструкций, запеченную в матрице окружающего пространства, следует воспользоваться командой «Обновить» окна «Исходные данные».

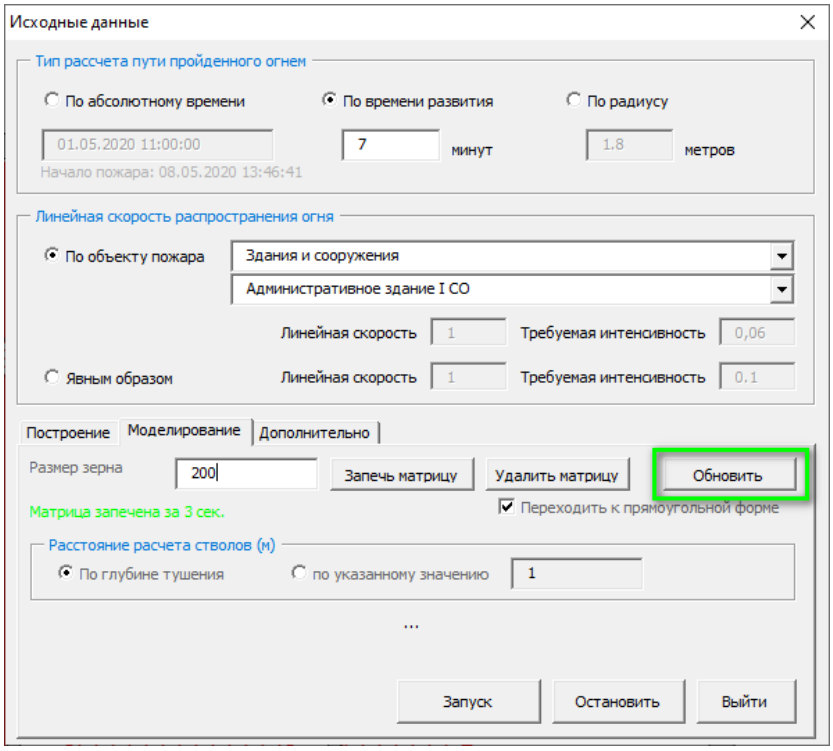


Рисунок 264 - Команда «Обновить» окна «Исходные данные»

Данная команда доступна только в тот момент, когда текущая сессия моделирования остановлена – построена площадь пожара на указанный момент времени, либо пользователь остановил выполнение при помощи команды «Остановить».

Для обновления матрицы окружающего пространства следует по завершении предыдущей сессии моделирования закрыть окно «Исходные данные». Далее в схеме объекта пожара необходимо произвести требуемые изменения – переместить стены, открыть или закрыть двери. После чего следует вновь открыть окно «Исходные данные» воспользовавшись командой «Сформировать площадь пожара» выпадающего меню фигуры «Очаг пожара» и нажать кнопку «Обновить» (рис. 264).

Матрица будет повторно запечена, о чем появится соответствующее сообщение в строке под полем «Размер зерна». Следующая сессия моделирования уже будет оперировать обновленной матрицей, учитывающей внесенные пользователем изменения в конфигурацию ограждающих конструкций.

6.2.3.11. Торцевой эффект

В процессе проведения экспериментов с описанным выше механизмом расчета формы площади пожара с использованием компьютерного моделирования был выявлен феномен изменения скорости распространения пожара в зависимости от длины фронта, названный «Торцевой эффект». Проявляется он в том, что при ширине фронта пожара близкой к размеру зерна матрицы, скорость распространения пожара заметно снижается.

Непосредственно при моделировании пожара влияние торцевого эффекта может быть замечено в уменьшении размеров фрагментов площади пожара, по сравнению с размерами, полученными расчетным путем или методом геометрических построений:

1. При огибании краев ограждающих конструкций. Проявляется в уменьшении фрагментов площади пожара, огибающих ограждающие конструкции (рис. 265).
2. При распространении пожара в узких коридорах. Проявляется в снижении скорости распространения огня (рис. 266).
3. При переходе в соседние помещения через узкие проемы. Проявляется в уменьшении фрагментов площади пожара, выходящих в отделенное дверным проемом помещение (рис. 267).
4. При распространении плоского (прямого) фронта пожара. Фронт пожара в отсутствии соприкосновения с ограждающим конструкциями неизбежно стремится принять выгнутую форму (рис. 268).
5. При распространении огня возле стен, при условии, что отключен переход к прямоугольной форме пожара. Скорость распространения огня возле стен снижается (рис. 269).

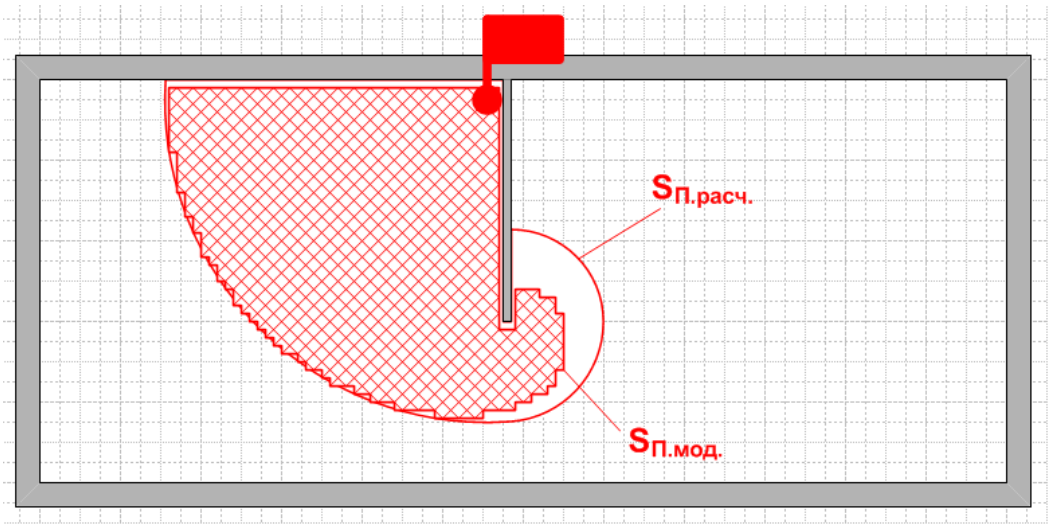


Рисунок 265 - Проявление Торцевого эффекта при огибании ограждающих конструкций. $S_{П.расч.}$ – расчетная площадь пожара, $S_{П.мод.}$ – площадь пожара полученная при помощи моделирования

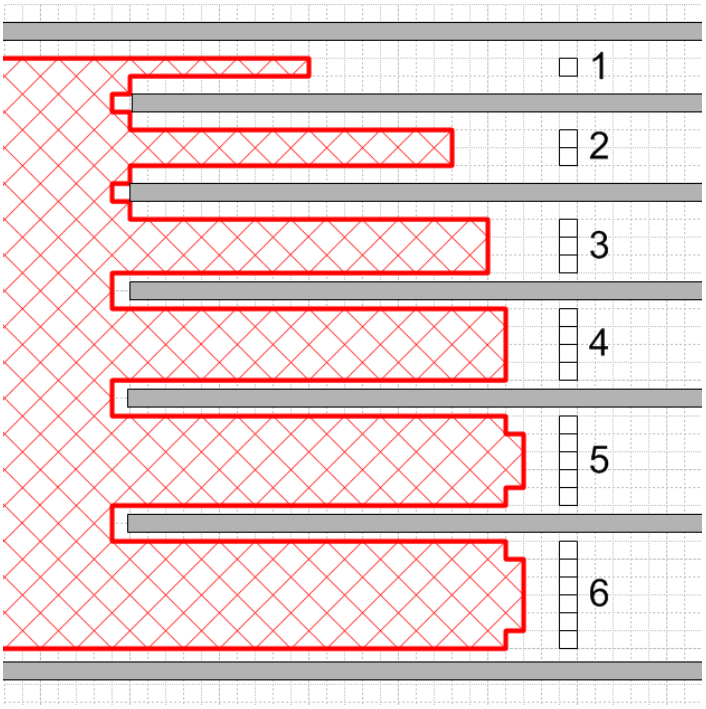


Рисунок 266 - Проявление Торцевого эффекта при распространении огня в узких коридорах. Цифрами обозначена ширина каждого коридора в клетках.

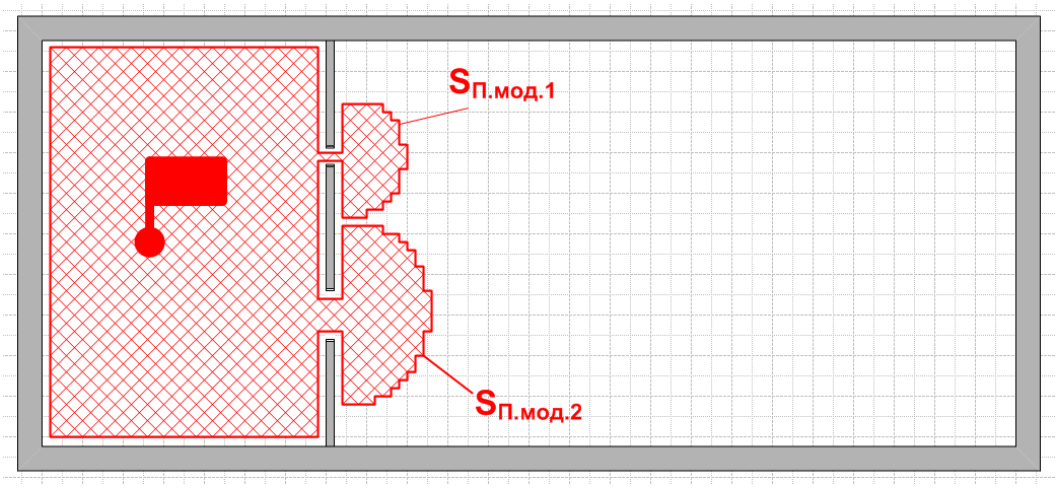


Рисунок 267 - Проявление Торцевого эффекта при переходе через узкие проемы в стенах. $S_{П.мод.1}$ – площадь пожара полученная при прохождении огня через отверстие шириной в 1 клетку, $S_{П.мод.2}$ – площадь пожара полученная при прохождении огня через отверстие шириной в 3 клетки

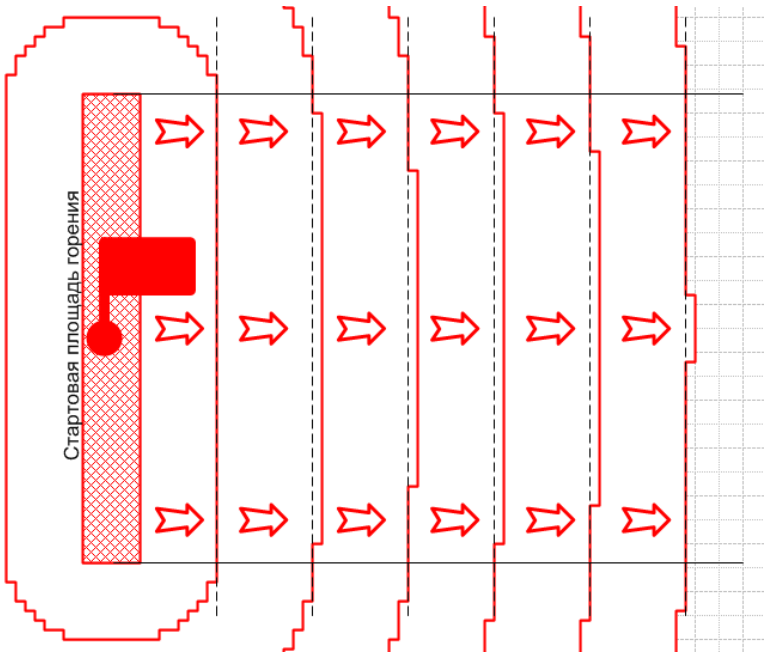


Рисунок 268 - Проявление Торцевого эффекта в выгибании фронта пожара

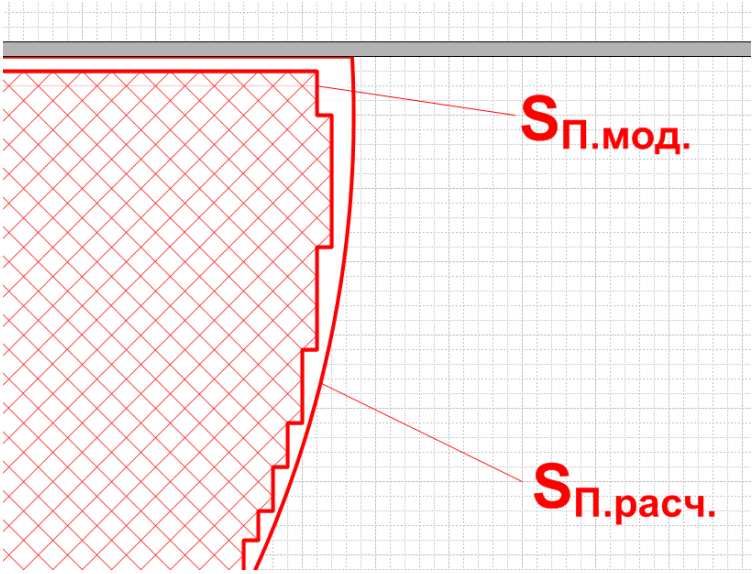


Рисунок 269 - Проявление Торцевого эффекта в снижении скорости распространения огня у стен

Для понимания причин возникновения этого эффекта рассмотрим следующий пример. Возьмем зону горения толщиной равной одной клетке и шириной пять клеток (рис. 270).

Согласно рассмотренному в 6.2.3.6. алгоритму влияние каждой горящей клетки распространяется на все клетки, находящиеся в ее окружении. Таким образом, чем больше в окружении каждой не горящей клетки горящих, тем быстрее она загорается. А больше всего клеток окружает не горящую именно перед фронтом пожара, где на каждую из них оказывают влияние три горящих клетки, в то время как с торцов площади горения, на каждую не горящую клетку приходится всего по одной клетке площади пожара. Таким образом, данная зона

горения будет быстрее всего расти по фронту, а медленнее с торцов. Именно поэтому данный эффект получил название «Торцевой эффект».

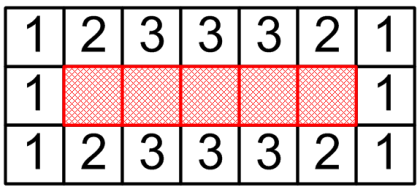


Рисунок 270 - Влияние горящих клеток на негорящие. Йифрами показано количество горящих клеток находящихся в окружении каждой не горящей

Аналогичное явление можно наблюдать и на реальных пожарах, когда за счет более мощного теплового потока сходящего от зоны горения перед фронтом пожара распространение огня в его направлении происходит более интенсивно нежели на флангах.

Торцевой эффект хотя и согласуется с законами физики, не вписывается в методику проведения пожарно-тактических расчетов. Поэтому для минимизации его проявления рекомендуется выбирать размер зерна матрицы минимальным, что позволит до некоторой степени нивелировать негативные проявления торцевого эффекта.

6.2.3.12. Достоинства метода компьютерного моделирования

Основными достоинствами метода расчета формы площади пожара при помощи компьютерного моделирования являются:

1. Высокая степень соответствия правилам проведения пожарно-тактических расчетов, принятым в Российской Федерации.
2. Высокая наглядность процесса моделирования распространения пожара.
3. Учет влияния на процесс распространения огня приборов подачи ОТВ.
4. Возможность создания на базе реализованной модели, использующей матрицу окружающего пространства более сложных моделей распространения огня.

6.2.3.13. Недостатки метода компьютерного моделирования

К основным недостаткам расчета формы площади пожара при помощи компьютерного моделирования можно отнести.

1. Использование клеточной структуры пространства приводит к тому, что в процессе формирования итоговой фигуры зоны горения могут возникать различные неточности (рис. 271.). Так, например, контур итоговой фигуры может не точно совпадать с контуром ограждающих конструкций. Также контур

получаемой фигуры имеет характерный «зубчатый» край. Однако этот недостаток наиболее ярко проявляется при значительных размерах зерна. Для минимизации негативного эффекта следует уменьшать размер зерна.

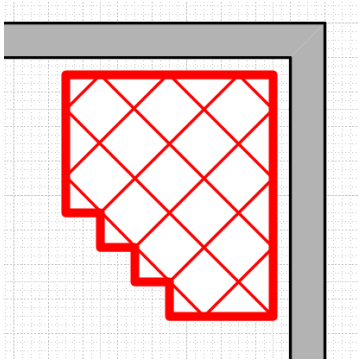


Рисунок 271 - Возможные неточности формирования итоговой фигуры «Зона горения» - несоответствие контура площади пожара контуру ограждающих конструкций и «зубчатая» структура контура площади пожара

2. Различные негативные проявления Торцевого эффекта (п.6.2.3.11). Эти проявления так же могут быть во многом минимизированы за счет уменьшения размера зерна матрицы.

3. Ускорение развития пожара в условиях стен, сужающихся под острым углом (Рисунок 272 -).

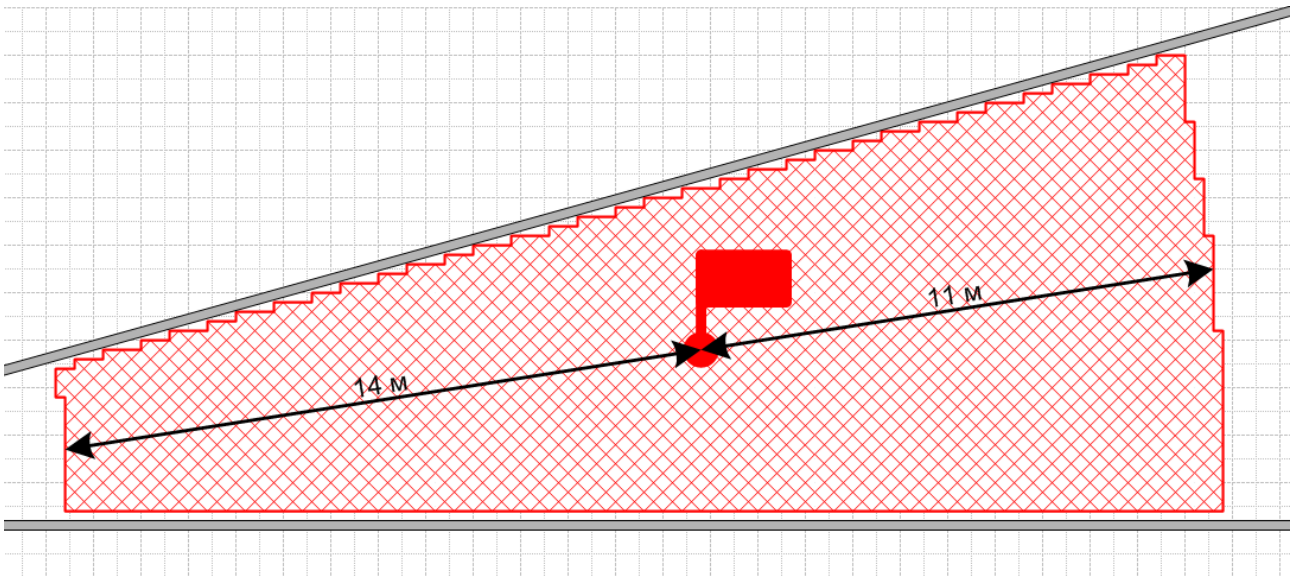


Рисунок 272 - Увеличение пути пройденного огнем в условиях сужающихся стен.

Этот эффект является следствием перехода к прямоугольным формам от разных стен, что приводит к опережению фронта пожара достраиваемыми при переходе фрагментами фронта. Поэтому, для того чтобы исключить негативные проявления этого эффекта рекомендуется отключать опцию перехода к

прямоугольным формам в схемах, где имеются стены, сходящиеся под острым углом.

4. Невозможность продолжить расчет площади пожара в случае, если матрица была удалена. Каждый раз пользователь вынужден начинать моделирование от очага пожара.

6.2.4. Пример расчета и сравнение результатов, полученных методами расчета и построения формы площади пожара

Для сравнения описанных в предыдущих разделах методов произведем расчеты обоими методами на конкретном примере.

6.2.4.1. Пример расчета формы площади пожара с использованием метода геометрических построений

Произведем расчет и построение формы площади пожара с использованием метода геометрических построений для следующих условий:

- линейная скорость распространения огня – 1м/мин
- время расчета 20 минут
- конфигурация ограждающих конструкций представлена на изображении рис. 273

Площадь будем строить с шагом 2 минуты.

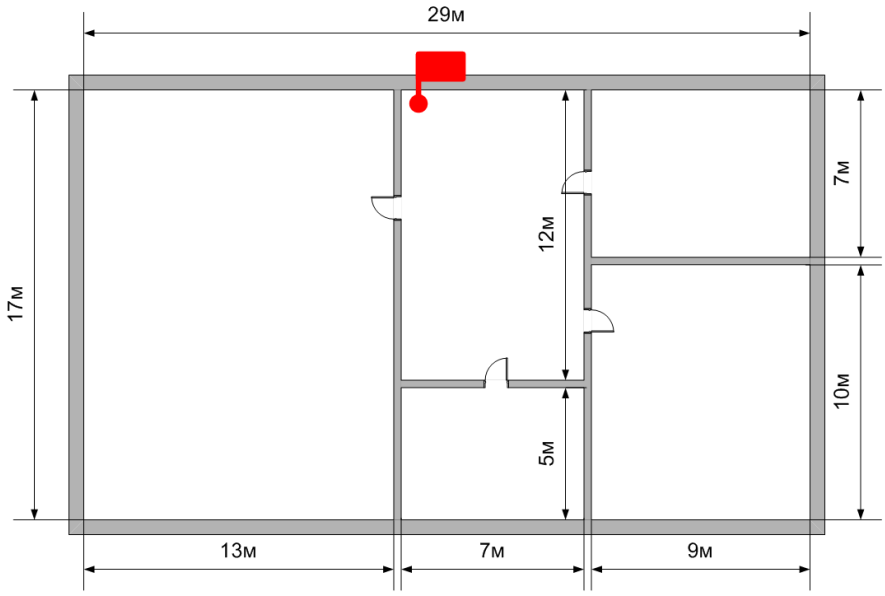


Рисунок 273 - Конфигурация ограждающих конструкций для расчета

После проведения всех циклов расчета площади пожара получим набор фигур «Зона горения» на соответствующие моменты времени представленный на изображении Рисунок 274 -.

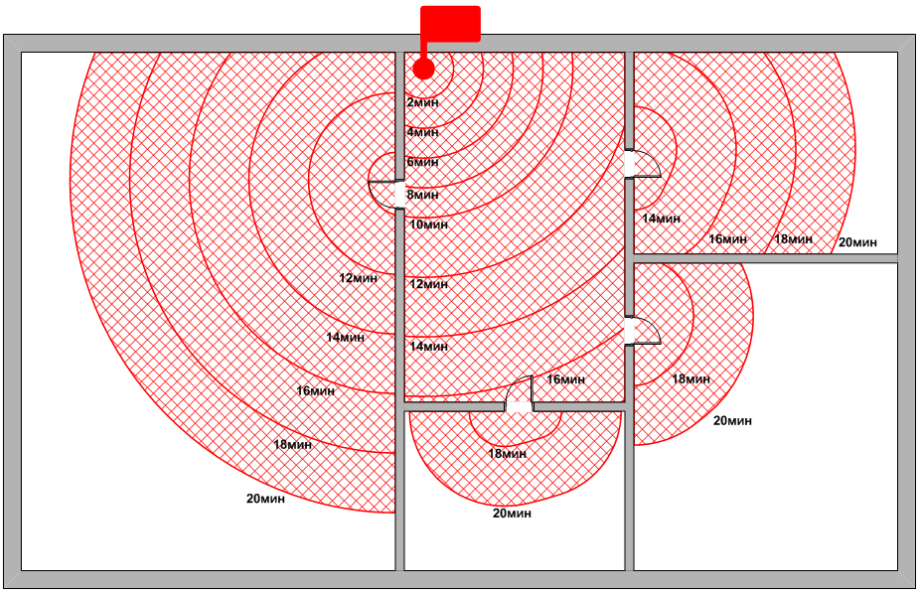


Рисунок 274 - Пример расчета и построения площади пожара с использованием метода геометрических построений

Можно заметить, что все полученные в результате фигуры зоны горения имеют четко очерченные, повторяющие контуры ограждающих конструкций, фрагменты периметра и округлые формы фронта пожара без переходов к прямоугольным фрагментам, что является характерной чертой фигур зоны горения, полученных таким образом.

На изображении Рисунок 275 - представлен график изменения площади пожара согласно проведенного расчета

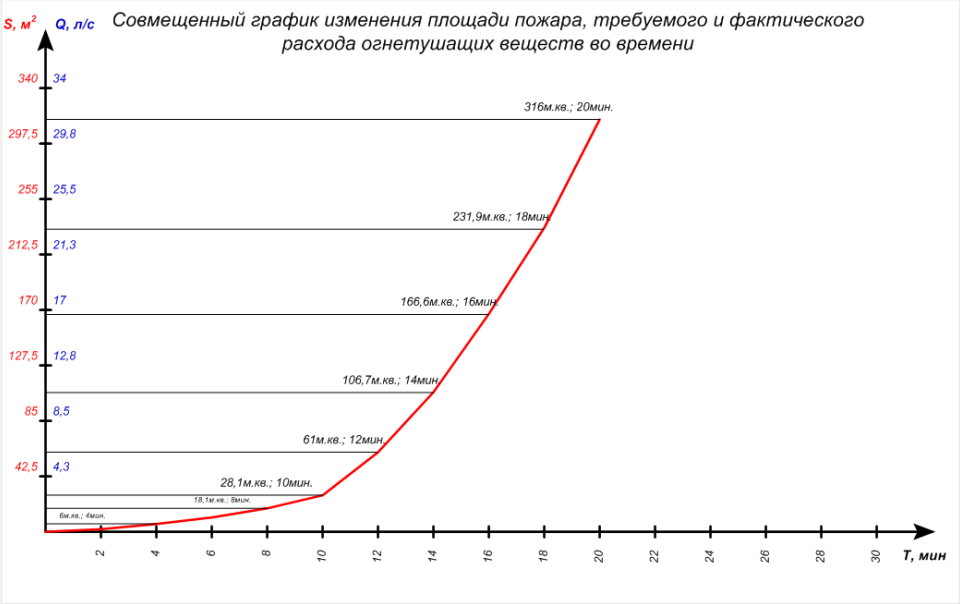


Рисунок 275 - График изменения площади пожара полученной в ходе расчета

6.2.4.2. Пример расчета формы площади пожара с использованием метода компьютерного моделирования

Для иллюстрации результатов работы метода построения площади пожара с использованием метода компьютерного моделирования возьмем за основу условия описанные в п.6.2.4.1.

Результат расчета и построения площади пожара с использованием метода компьютерного моделирования для данных условий приведен на изображении рис. 276

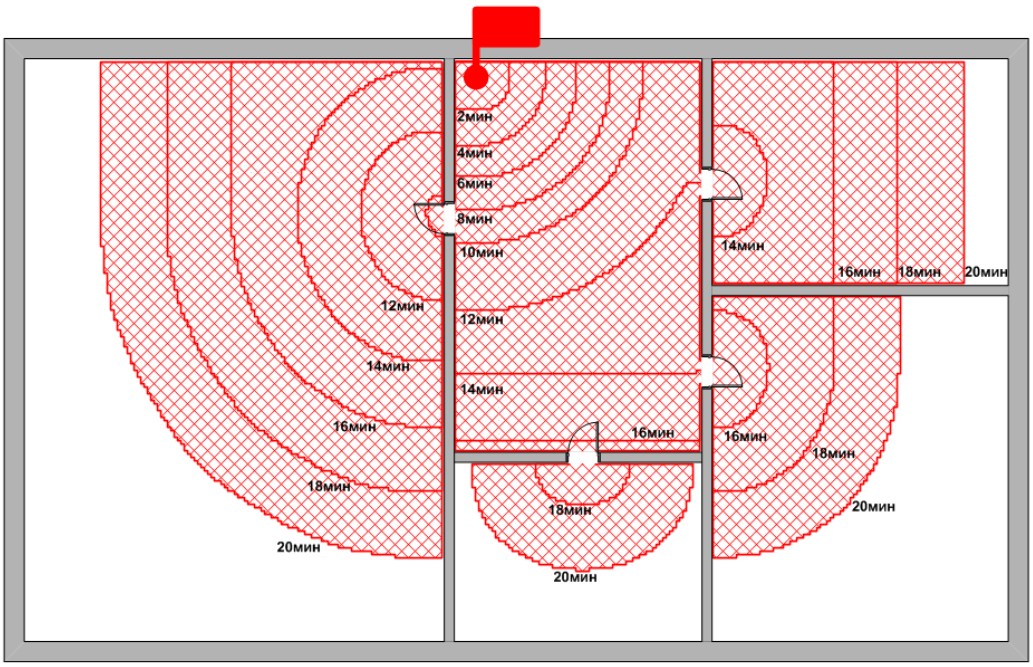


Рисунок 276 - Пример расчета и построения площади пожара с использованием метода геометрических построений

Сравнивая полученный результат с результатом, полученным с использованием метода геометрических построения (рис. 274) можно заметить, что формы фигур «Зона горения» имеют характерный «зубчатый» контур. При этом хорошо видны участки прямого фронта пожара в тех местах, где площадь пожара перешла к прямоугольной форме достигнув ограждающих конструкций.

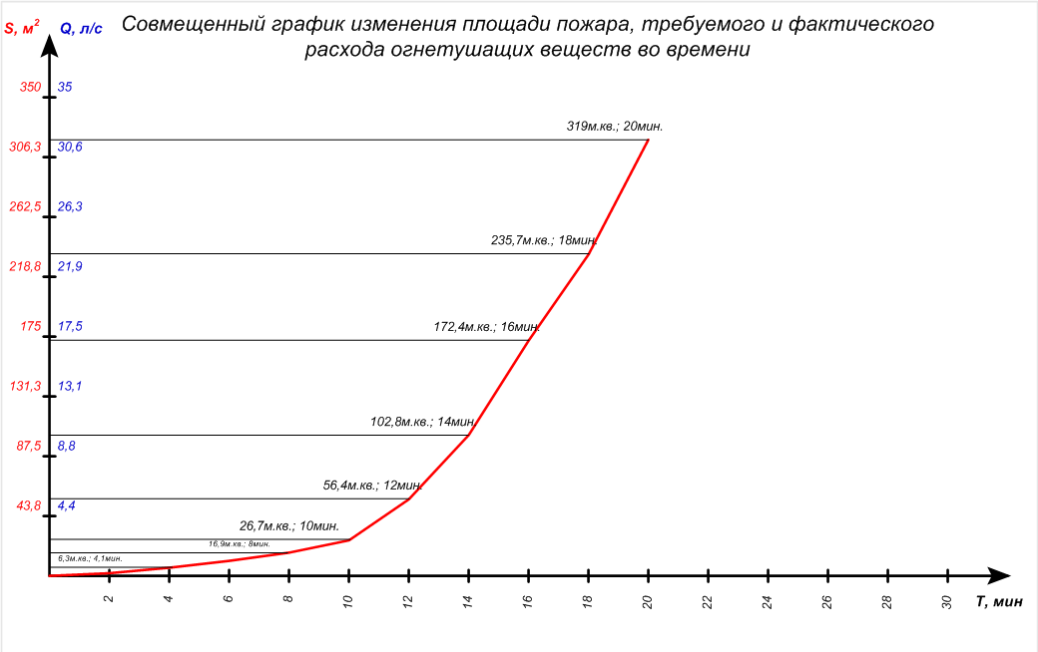


Рисунок 277 - График изменения площади пожара полученной в ходе расчета

6.2.4.3. Сравнение результатов

Сравним результаты, полученные различными методами расчета и построения формы площади пожара. Для этого представим на одном изображении контуры площади пожара на различные промежутки времени, полученные при помощи метода геометрических построений и метода компьютерного моделирования в п.6.2.4.1 и п.6.2.4.2 (Рисунок 278 -).

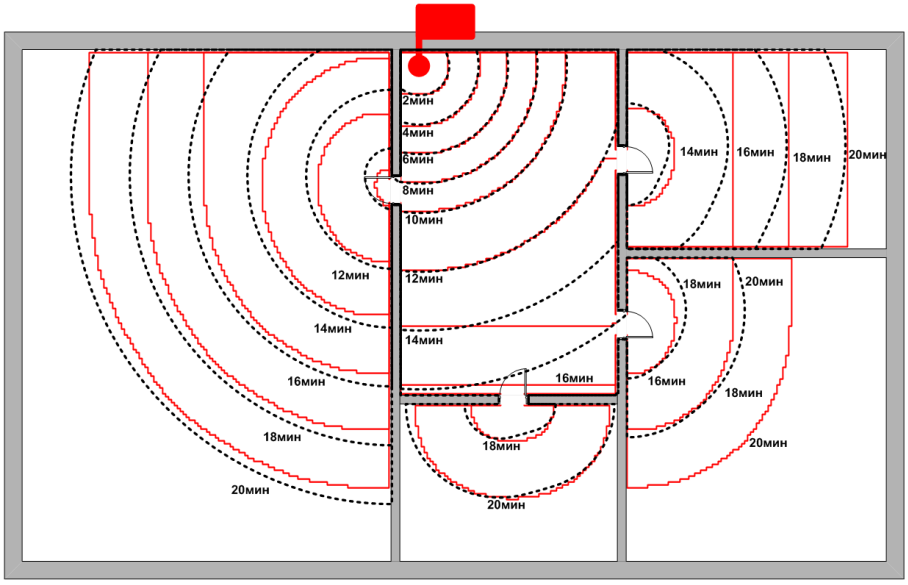


Рисунок 278 - Сравнение форм площади пожара полученных с использованием различных методов расчета. Красная сплошная линия – площадь полученная методом компьютерного моделирования. Черная пунктирная линий – площадь полученная методом геометрических построений.

Численные значения площади пожара объединим в таблицу табл. 1.

Таблица 1 - Сравнение результатов расчета и построения формы площади пожара, полученных различными методами в п.6.2.4.1 и п.6.2.4.2

Метод*	Площадь пожара ($м^2$) на момент времени (мин)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	2	6	11	18	28	61	107	167	233	316
2	2	6	11	17	26	56	103	172	235	319

* 1 – метод геометрических построений, 2 – метод компьютерного моделирования.

Изучая представленные в рис. 278 и табл. 1 результаты можно заметить, что в целом отличия между ними незначительны. Разница в полученных значениях площади пожара на момент 20 минут составляет менее 1%, что в условиях крайней приближенности пожарно-тактических расчетов представляется несущественным отличием.

Вместе с тем, если обратить внимание на изображение рис. 278, можно заметить, что в отдельных случаях контур площади пожара полученной при помощи метода компьютерного моделирования сильно опережает контур полученный при помощи метода геометрических построений. Связанно это с тем, что при компьютерном моделировании реализован переход площади пожара к прямоугольной форме при достижении ограждающих конструкций. Как результат в отдельных случаях мгновенный переход к прямоугольной форме влечет резкое увеличение площади пожара и перемещение вперед фронта пожара. В данном случае, такое увеличение произошло в момент времени 14 минут, когда резкий переход к прямоугольной форме пожара привел к тому, что одна из дверей оказалась в зоне горения. В то же время, согласно метода геометрических построений эта же дверь оказалась в зоне горения только к 16 минутам, что и привело к отставанию фронта пожара при переходе в смежное помещение.

В целом можно сказать, что с учетом незначительной разницы в итоговых значениях площади пожара оба метода могут быть в равной степени использованы при проведении пожарно-тактических расчетов.

Однако, автор склонен считать, что метод компьютерного моделирования все же предпочтителен для применения, т.к. он ближе по своей механике к методике проведения пожарно-тактических расчетов, позволяет учитывать влияние поданных приборов подачи огнетушащих веществ, и он более масштабируем с точки зрения перспективы создания других, более сложных моделей расчета.

6.2.5. Расчет площади пожара

За расчет площади пожара отвечает фигура «Зона горения». По умолчанию площадь пожара пересчитывается всякий раз, когда пользователь изменяет размеры данной фигуры, в том числе это происходит при вбрасывании или обращении.

Значение площади пожара отражается в свойстве «Площадь пожара» (рис. 279) и зависит от формы фигуры и масштаба схемы.

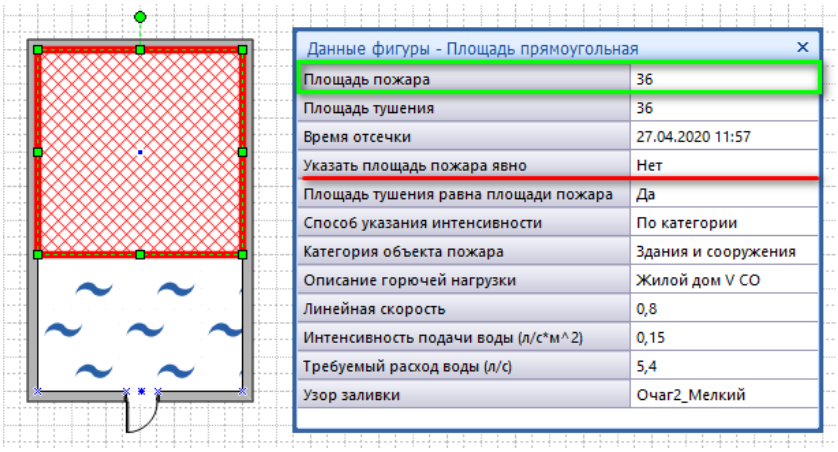


Рисунок 279 - Данные фигуры «Зона горения». Зеленым цветом выделено свойство «Площадь пожара», красным - свойство «Указать площадь пожара явно»

Бывают случаи, когда пользователю требуется указать иное, отличное от рассчитанного с учетом масштаба и формы значение площади пожара. Например, схема может быть составлена изначально с нарушением масштаба и перерисовывать ее нецелесообразно, либо, исходя из тактических соображений, требуется указать какое-то определенное значение.

В этих случаях пользователь имеет возможность указывать площадь пожара явным образом. Для этого значение свойства «Указать площадь пожара явно» следует выставить в положение «Да», после чего появится возможность изменять значение свойства «Площадь пожара» путем прямого ввода в поле данных (рис. 279).

6.2.6. Расчет площади тушения

За отображение используемого в расчетах значения площади тушения отвечает одноименное свойство фигуры «Зона горения» (рис. 280).

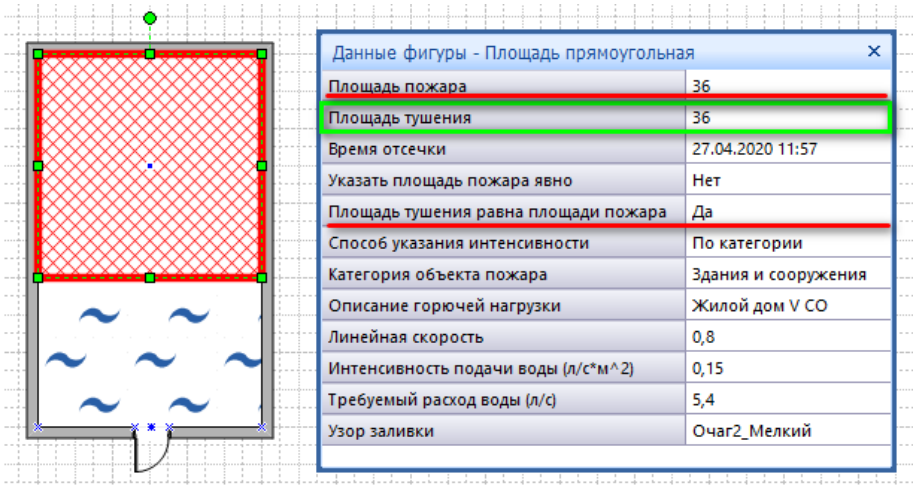


Рисунок 280 - Данные фигуры «Зона горения». Зеленым цветом выделено свойство «Площадь тушения», красным – свойства оказывающее на него влияние

В настоящее время автоматический расчет площади тушения с учетом направлений ввода приборов подачи ОТВ в ГраФиС не реализован.

Площадь тушения пожара по-умолчанию равна площади пожара (свойство «Площадь пожара») и пересчитывается вместе с ней всякий раз, когда пользователь изменяет форму или размер фигуры «Зона горения». Так, как на крупных пожарах площадь тушения всегда меньше площади пожара, пользователь может указать иное значение, которое может быть рассчитано самостоятельно при помощи приведенных в справочной литературе формул. Для этого следует значение свойства «Площадь тушения равна площади пожара» выставить в положение «Нет». После этого появится возможность изменять значение свойства «Площадь тушения» путем прямого ввода.

6.2.7. Определение требуемой интенсивности подачи воды

Для отображения параметра требуемой интенсивности подачи воды используется свойство «Интенсивность подачи воды» (рис. 281). Значение данного свойства изменяется в зависимости от выбранного значения свойства «Описание горючей нагрузки», но может быть указано и вручную.

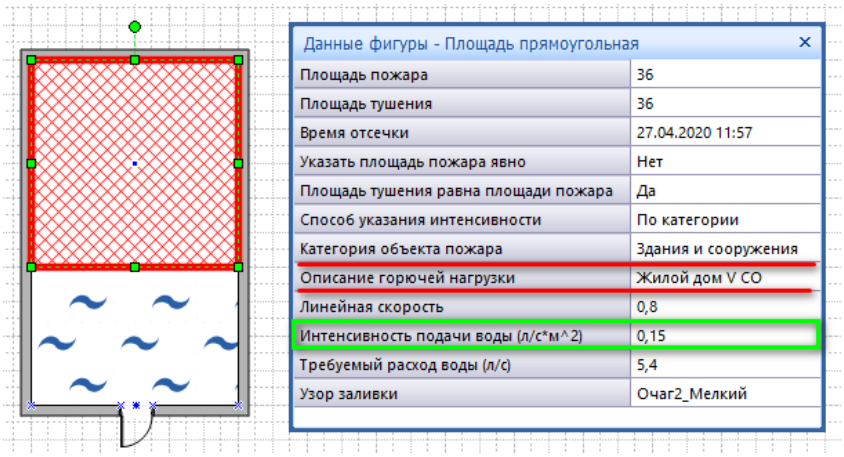
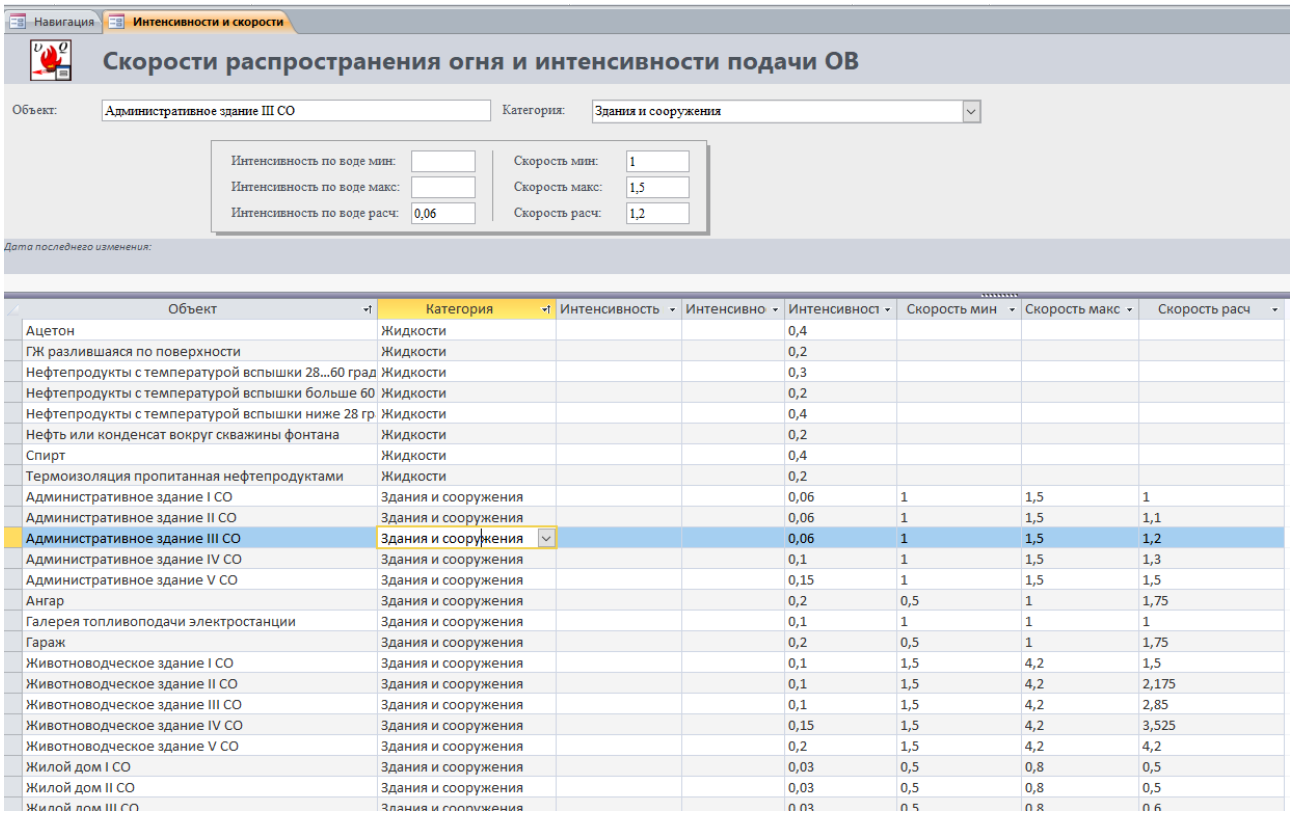


Рисунок 281 - Данные фигуры «Зона горения». Зеленым цветом выделено свойство «Интенсивность подачи воды». Красным цветом выделены параметры важные для его определения

Состав списка вариантов описаний горючей нагрузки зависит от выбранной категории объекта пожара – свойство «Категория объекта пожара». В настоящее время их четыре:

- Жидкости
- Здания и сооружения
- Твердые материалы
- Транспортные средства

Значение требуемой интенсивности подачи воды для различных описаний горючей нагрузки – табличная величина, хранящаяся в базе данных. Просмотреть и отредактировать данные этого параметра можно воспользовавшись ГраФиС-Справочник - раздел «Основные параметры пожара» -> «Пожароопасные свойства объектов пожара» (рис. 282).



Объект	Категория	Интенсивность	Интенсивно	Интенсивност	Скорость мин	Скорость макс	Скорость расч
Ацетон	Жидкости			0,4			
ГЖ разлившаяся по поверхности	Жидкости			0,2			
Нефтепродукты с температурой вспышки 28...60 град	Жидкости			0,3			
Нефтепродукты с температурой вспышки больше 60	Жидкости			0,2			
Нефтепродукты с температурой вспышки ниже 28 гр	Жидкости			0,4			
Нефть или конденсат вокруг скважины фонтана	Жидкости			0,2			
Спирт	Жидкости			0,4			
Термоизоляция пропитанная нефтепродуктами	Жидкости			0,2			
Административное здание I СО	Здания и сооружения			0,06	1	1,5	1
Административное здание II СО	Здания и сооружения			0,06	1	1,5	1,1
Административное здание III СО	Здания и сооружения			0,06	1	1,5	1,2
Административное здание IV СО	Здания и сооружения			0,1	1	1,5	1,3
Административное здание V СО	Здания и сооружения			0,15	1	1,5	1,5
Ангар	Здания и сооружения			0,2	0,5	1	1,75
Галерея топливоподачи электростанции	Здания и сооружения			0,1	1	1	1
Гараж	Здания и сооружения			0,2	0,5	1	1,75
Животноводческое здание I СО	Здания и сооружения			0,1	1,5	4,2	1,5
Животноводческое здание II СО	Здания и сооружения			0,1	1,5	4,2	2,175
Животноводческое здание III СО	Здания и сооружения			0,1	1,5	4,2	2,85
Животноводческое здание IV СО	Здания и сооружения			0,15	1,5	4,2	3,525
Животноводческое здание V СО	Здания и сооружения			0,2	1,5	4,2	4,2
Жилой дом I СО	Здания и сооружения			0,03	0,5	0,8	0,5
Жилой дом II СО	Здания и сооружения			0,03	0,5	0,8	0,5
Жилой дом III СО	Здания и сооружения			0,03	0,5	0,8	0,6

Рисунок 282 - Таблица «Пожароопасные свойства объектов пожара» базы данных ГраФиС-Справочник

Следует помнить, что значение данного свойства будет обновляться из базы данных всякий раз при выборе нового описания горючей нагрузки!

6.2.8. Расчет требуемого расхода воды

Расчет требуемого расхода воды осуществляется в свойстве «Требуемый расход воды» фигура «Зона горения» (рис. 283).

Вычисление требуемого расхода воды $Q_{тр}$ осуществляется по формуле:

$$Q_{тр} = I_{тр} * S_{т} \qquad (3)$$

где, $I_{тр}$ – требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/с·м^2. Свойство «Интенсивность подачи воды»

$S_{т}$ – площадь тушения пожара, м^2. Свойство «Площадь тушения».

Таким образом, значение свойства «Требуемый расход воды» пересчитывается всякий раз при изменении свойств «Интенсивность подачи воды» и «Площадь тушения».

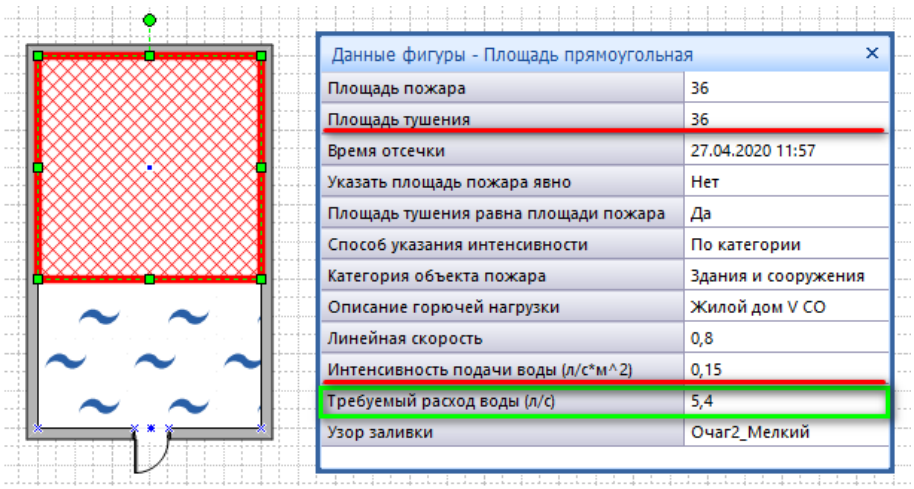


Рисунок 283 - Данные фигуры «Зона горения». Зеленым цветом выделено свойство «Требуемый расход воды». Красным цветом выделены параметры важные для его расчета

Общий порядок проведения расчета требуемого расхода воды для отдельной фигуры «Зона горения» следующий:

1. Определяется площадь тушения пожара – автоматически с учетом масштаба схемы и формы или указывается явным образом (п.6.2.6)
2. Определяется требуемая интенсивность подачи воды – путем выбора требуемой горючей нагрузки или указывается явным образом в поле свойства «Интенсивность подачи воды» (6.2.7.)
3. Рассчитанное значение требуемого расхода воды отражается в поле свойства «Требуемый расход воды»

6.3. Расчет отдельных элементов насосно-рукавных систем

Расчет насосно-рукавных систем является одним из наиболее развитых блоков расчетных функций ГраФиС. В рамках этого блока создано большое количество инструментов, позволяющих детально и многосторонне проанализировать состояние моделей насосно-рукавных систем, входящих в состав модели боевых действий (см. п.4.6.2).

ГраФиС позволяет проводить расчеты как насосно-рукавных систем в целом, так и их отдельных элементов – приборов подачи огнетушащих веществ, рукавных линий, пожарных насосов (как элементов МСП), рукавной арматуры и гидравлического оборудования.

В стандартном наборе ГраФиС расчетные функции насосно-рукавных систем реализованы на основе принятых в Российской Федерации методик пожарно-тактических расчетов. В специализированных трафаретах НРС (п.6.4) реализован более продвинутый, но менее понятный простым пользователям, *гидравлический подход* к расчету насосно-рукавных систем.

На момент выхода книги в системе ГраФиС реализованы только расчеты параметров насосно-рукавных систем по подаче воды и раствора пенообразователя. В связи со скудностью информации и некоторыми техническими сложностями, расчеты НРС при работе с другими огнетушащими веществами не реализованы.

Для составления моделей насосно-рукавных систем используется ряд фигур из трафаретов «Линии», «ПТВ», «Пожарная техника», «Пожарная техника прочее» и «Водоснабжение». Все эти фигуры можно разделить на несколько групп, отличающихся ролью в НРС, набором свойств и порядком их расчета:

- Рукавные линии
- Приборы подачи огнетушащих веществ (пожарные стволы и пр.)
- Рукавные разветвления
- Мобильные средства пожаротушения
- Источники противопожарного водоснабжения
- Устройства забора воды
- Переносные емкости для воды

В данном разделе рассматривается порядок расчета свойств отдельных фигур, представляющих перечисленные группы элементов. Порядок расчета параметров насосно-рукавных систем в целом, описан в разделе п.6.3.1.7.

6.3.1. Расчет параметров рукавных линий

Рукавные линии являются одними из основных элементов НРС. Именно значения параметров фигур рукавных линий, входящих в состав моделей НРС в конечном итоге, определяют состояние последних. Поэтому расчет параметров рукавных линий играет очень важную роль в расчете НРС.

Фигуры рукавных линий имеют большое количество различных свойств. Для того, чтобы не путать пользователя, в окне «Данные фигуры» рукавных линий по умолчанию показаны только наиболее востребованные из них. Для отображения полного списка свойств следует воспользоваться опцией «Показывать дополнительные расчеты» всплывающего меню фигуры «Напорная линия» (рис. 284).

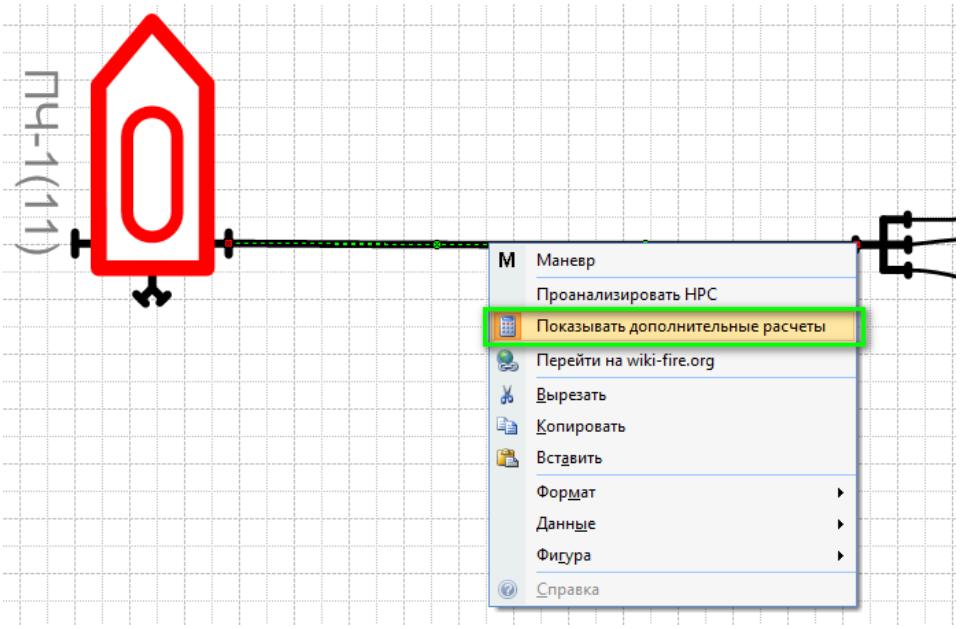


Рисунок 284 - Опция «Показывать дополнительные расчеты» всплывающего меню фигуры «Напорная линия»

Полный перечень свойств фигур «Напорная линия» можно увидеть на изображении Рисунок 285 -. В контексте же расчета НРС нас в большей степени интересуют только те свойства, что соотносятся с параметрами напорной рукавной линии:

- Основные
  - Длина линии с учетом длины рукава
  - Требуемое количество рукавов
  - Емкость линии
  - Пропускная способность рукава
  - Расход через сечение рукава
  - Потери напора по длине рукавной линии
  - Напор на входе в рукавную линию
- Дополнительные
  - Максимальная длина линии (рук.)
  - Максимальная длина линии (м)
  - Максимальный расход
  - Максимальное расстояние прокладки
  - Скорость движения ОТВ

Диаметр рукава	77
Материал рукава	Прорезиненный
Тип линии	Магистральная
Подразделение	ПЧ-1
Время прокладки	15.05.2020 11:13
Указывать длину явно	Нет
Длина линии (м)	13,2
Длина линии с учетом длины рукава (м)	20
Емкость линии (л)	93
Пропускная способность рукава (л/с)	23,3
Расход (л/с)	14,8
Перепад высот	0
Потери напора (м)	3,2856
Напор в рукаве (м)	45,0653
Требуется рукавов	1
Модификатор	1,2
Ориентировочное давление (м)	100
Максимальная длина (рук)	17
Максимальная длина (м)	340
Максимальное расстояние прокладки (м)	283
Скорость движения ОТВ (м/с)	3,2
Маскимальный расход (л/с)	62,3005

Рисунок 285 - Полный перечень свойств фигур напорных рукавных линий. Зеленым контуром выделены дополнительные свойства, отражаемые только при включенной опции «Показывать дополнительные расчеты»

Первичный расчет фигур напорных линий производится при вбрасывании (рис. 284) или обращении фигур (п.4.6.6). Перерасчет свойств производится всякий раз при изменении геометрии линий, их перемещении и подключении к прочим фигурам НРС. Наконец, перерасчет производится всякий раз при изменении параметров НРС в целом – например, при изменении расхода из приборов подачи ОТВ, меняется расход через сечение рукавов, а значит и все связанные с ним свойства, такие как потери напора, расстояние подачи ОТВ и т.д. (п.6.3.1.7)

6.3.1.1. Расчет геометрической длины рукавной линии

Длина рукавной линии, нарисованной пользователем, рассчитывается автоматически после ее обращения (п.4.6.6) или изменения ее геометрии. При этом учитываются форма линии и масштаб схемы. Вычисление производится в метрах с точностью до десятых долей.

Информация о геометрической длине нарисованной линии отражается в свойстве «Длина линии». Это значение отражает длину именно нарисованной фигуры, с учетом масштаба схемы.

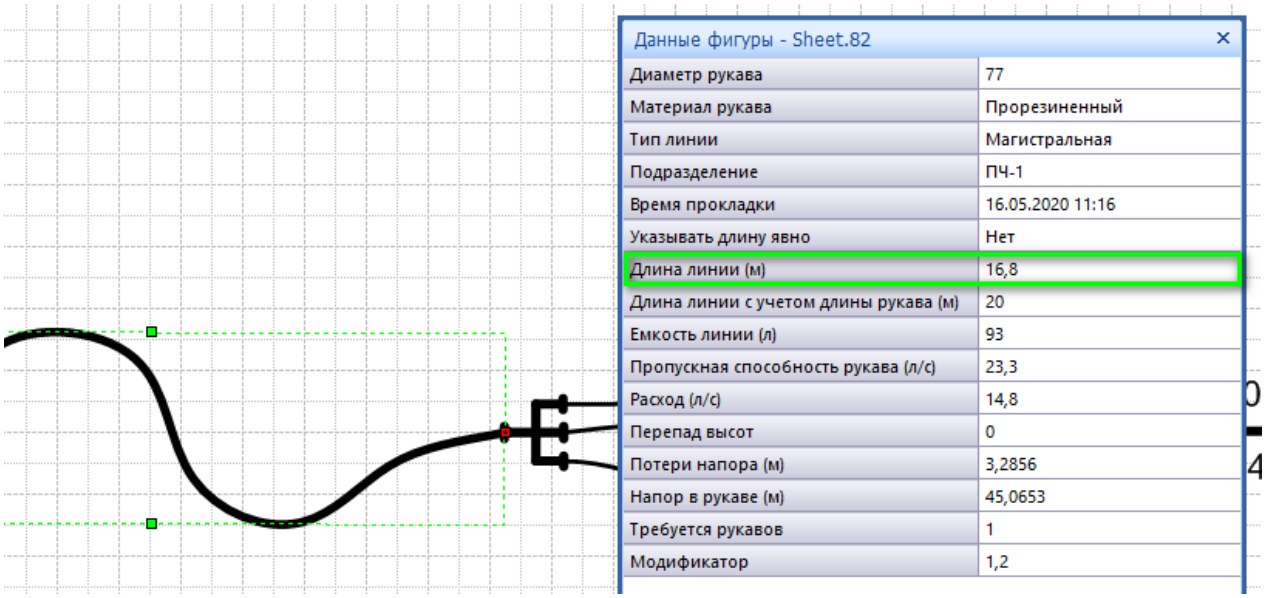


Рисунок 286 - Окно «Данные фигуры» отражающее свойств фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым контуром выделено свойство «Длина линии»

6.3.1.2. Расчет требуемого количества рукавов для прокладки рукавной линии

Однако, при проведении пожарно-тактических расчетов как правило больший интерес представляет длина линии, измеренная в рукавах. Этот параметр напорной рукавной линии отражается в свойстве «Требуется рукавов» (рис. 287).

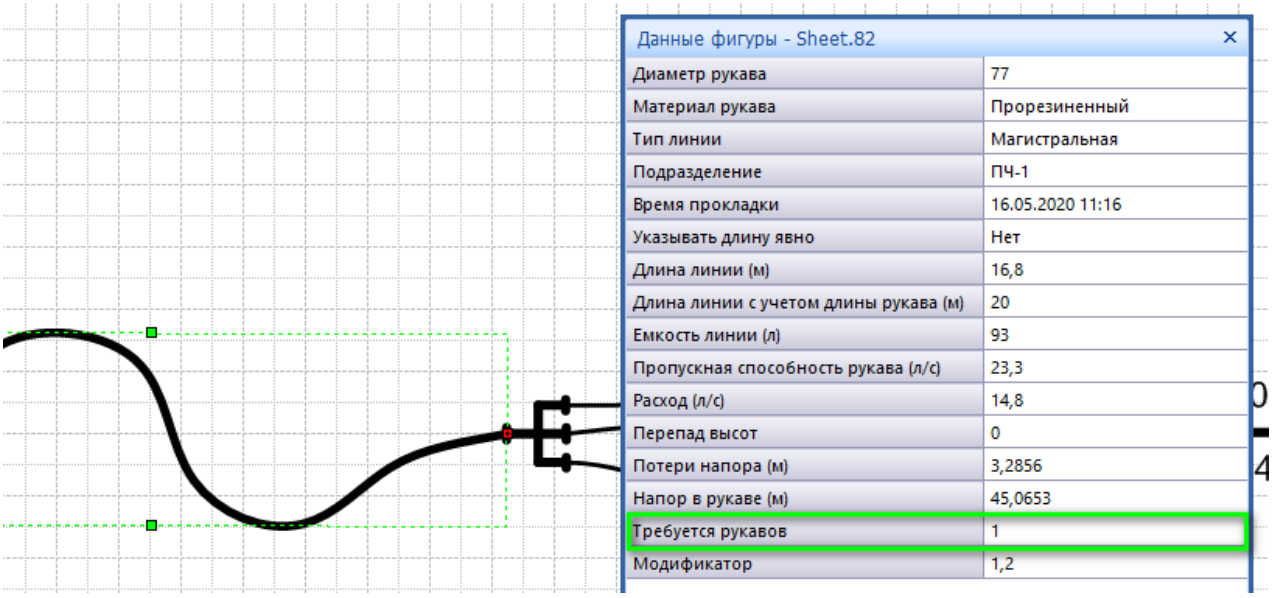


Рисунок 287 - Окно «Данные фигуры» отражающее свойств фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым контуром выделено свойство «Требуется рукавов»

Расчет требуемого количества пожарных рукавов для прокладки рукавной линии определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{рук}}^{\text{тр}} = \left\lceil \frac{L_{\text{м}}}{l_{\text{рук}}} \right\rceil \quad (4)$$

где, $N_{\text{рук}}^{\text{тр}}$ – требуемое количество рукавов, шт.; $L_{\text{м}}$ – геометрическая длина линии (свойство «Длина линии»), м; $l_{\text{рук}}$ – расчетная длина одного рукава.

Расчетная длина одного напорного рукава $l_{\text{рук}}$ зависит от типа линии указанного в свойстве «Тип линии». Возможные типы линии и соответствующие ей длины рукавов приведены в таблице табл. 2:

Таблица 2 - Значения расчетной длины одного пожарного рукава в зависимости от тип рукавной линии

Тип линии	Описание	Расчетная длина одного рукава $l_{\text{рук}}$, *м*
Рабочая	Рабочие рукавные линии ведущие к приборам подачи ОТВ	20
Магистральная	Магистральные рукавные линии проложенные между МСП и (или) рукавными разветвлениями	20
Рукав (4м)	Короткие напорные рукава, используемые для установки МСП на пожарные гидранты	4
Короткий рукав (1м)	Короткие напорные рукава, используемые для последовательного соединения рукавных разветвлений	1
Рукав ПК (15м)	Напорные рукава для комплектации пожарных кранов	15

6.3.1.3. Расчет фактической длины рукавной линии с учетом длины рукавов из которых она состоит

В свойстве фигур напорных рукавных линий «Длина линии с учетом длины рукава» отображается фактическая длина рукавной линии с учетом требуемого количества рукавов. Расчет осуществляется в соответствии со следующей формулой:

$$L_{\text{рук}} = N_{\text{рук}}^{\text{тр}} \cdot l_{\text{рук}} \quad (5)$$

В окне «Данные фигуры» информация о фактической длине рукавной линии отражается в свойстве «Длина линии с учетом длины рукава» (рис. 288).

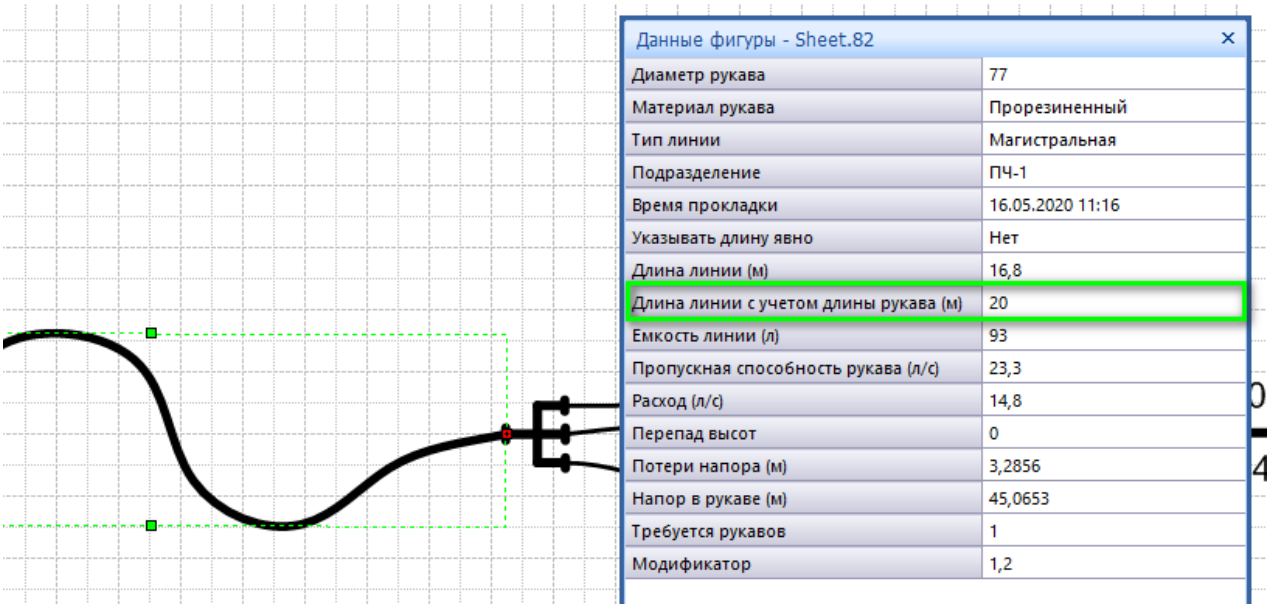


Рисунок 288 - Окно «Данные фигуры» отражающее свойств фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым контуром выделено свойство «Длина линии с учетом длины рукава»

6.3.1.4. Указание фактической длины рукавной линии явным образом

Бывают случаи, когда пользователю по каким-либо причинам требуется указать значение длины рукавной линии, значительно отличающееся от вычисленного исходя из геометрии и выбранного масштаба схемы фигуры линии. Это случается, если схема изначально составлена с нарушением масштаба, либо, если требуется произвести расчет насосно-рукавной системы вне контекста моделирования боевых действий по тушению пожара (например, при проведении исследовательских или проверочных расчетов).

В таких случаях следует указать в свойстве «Указывать длину явно» фигуры «Напорная рукавная линия» значение «Да» (рис. 289). Свойства «Длина линии» и «Длина линии с учетом длины рукава» будут скрыты. Вместо них будет отображено свойство «Явная длина линии (м)». В поле этого свойства пользователь может указывать значение длины, которое будет в процессе расчета рассматриваться как фактическая длина линии (вместо свойства «Длина линии с учетом рукава»).

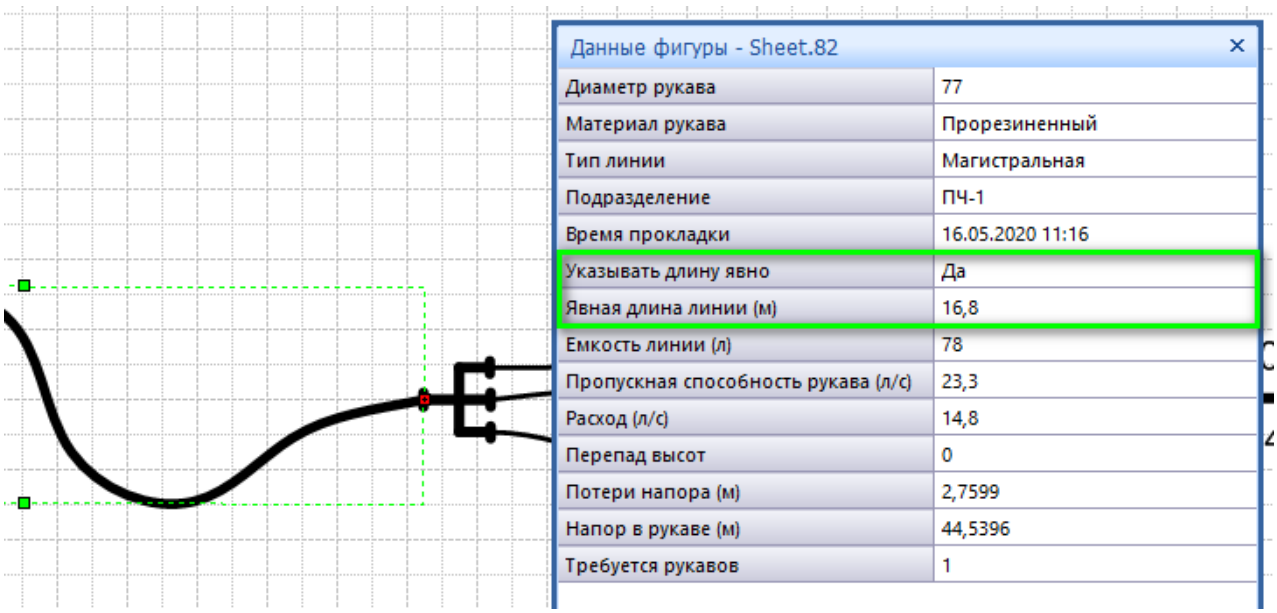


Рисунок 289 - Свойства «Указывать длину явно» и «Явная длина линии (м)» фигуры «Напорная рукавная линия»

При этом, подразумевается, что длина линии, указанная явно, является фактической длиной линии, т.е. все дальнейшие вычисления будут производиться для этого значения, без расчета длины линии с учетом длины одного рукава. Например, если пользователь укажет в качестве явной длины линии значение 56м, при длине рукава 20м, то вычисление таких значений как емкость линии (п.6.3.1.5) и потеря напора (п.6.3.1.8) будут производиться именно для длины рукавной линии 56м. В случае с длиной лини вычисленной по ее геометрии (свойство «Указывать длину явно» содержит значение «Нет») расчет производился бы для рукавной линии, состоящей из трех рукавов длиной 20м каждый, т.е. расчетная длина линии была бы 3×20=60м.

6.3.1.5. Расчет емкости линии

При проведении пожарно-тактических расчетов для упрощения вычислений без использования средств электронной вычислительной техники принято использовать имеющиеся в справочной литературе значения объема одного пожарного рукава [1., таб.4.2, 4., таб.4.64].

Однако, АИГС ГраФиС позволяет определить значения емкости сразу всей рукавной линии расчетным путем, опуская расчет объема одного рукава, как несущественный для решения конечной задачи. Значения, полученные таким способом, несомненно, более обоснованы с точки зрения точности вычислений, так как табличные справочные значения получены в результате округления до десятков для каждого рукава, ГраФиС же округляет лишь итоговый результат для всей рукавной линии до целых единиц.

Расчет объема всей рукавной линии $W_{рл}$ определяется по формуле:

$$W_{рл} = \left[\frac{L_{рук} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}{1000}\right], л \qquad (6)$$

где, $L_{рук}$ – длина рукавной линии (расчетная или явная), м; π – 3,14; d – диаметр пожарного рукава; 1000 – перевод из м^3 в литры.

Полученное в результате вычислений значение отражается в свойстве «Емкость линии (л)» (рис. 290)

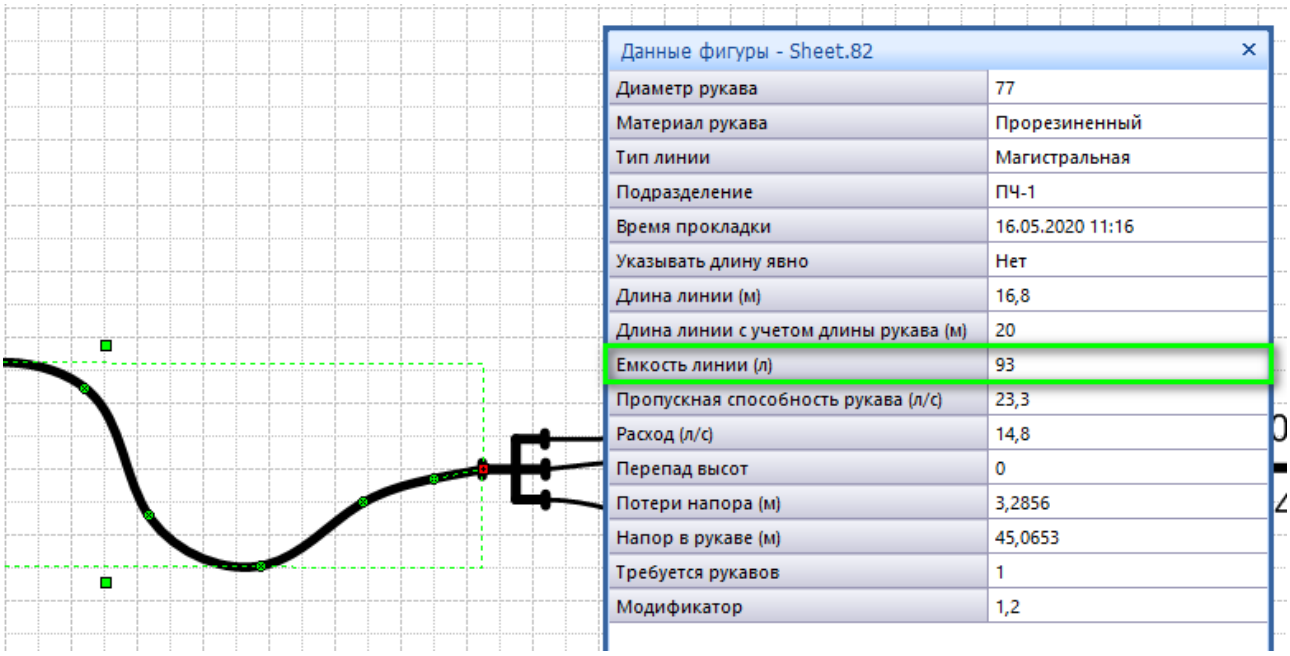


Рисунок 290 - Свойство «Емкость линии (л)» фигуры «Напорная рукавная линия»

6.3.1.6. Определение пропускной способности рукава

Определение пропускной способности пожарных рукавов осуществляется табличным методом. То есть значения пропускной способности забираются из базы данных ГраФиС-Справочник всякий раз, когда происходит изменение свойств напорной рукавной линии «Диаметр рукава» или «Материал рукава».

В базе данных ГраФиС-Справочник получить сведения о пропускной способности напорных пожарных рукавов, а также отредактировать эти значения можно в форме «Пожарно-техническое вооружение» -> «Напорные пожарные рукава» (рис. 291).

Навигация | Рукава

Рукава

Обозначение: Стандартный
Материал: Прорезиненный
Диаметр: 51
Сопротивление: 0,13
Расход: 10,2
Объем: 40
Потери напора: 13,53
Масса: 11,6

Дата последнего изменения:

Обозначение	Материал	Диаметр	Сопротивле	Расход	Объем	Потери нап	Масса
Стандартный	Прорезиненный	51	0,13	10,2	40	13,53	11,6
Стандартный	Прорезиненный	66	0,034	17,1	70	9,94	14,4
Стандартный	Прорезиненный	77	0,015	23,3	90	8,14	17
Стандартный	Прорезиненный	89	0,0035	40	125	6,08	21,2
Стандартный	Прорезиненный	110	0,002	47	190	4,86	23
Стандартный	Прорезиненный	150	0,00046	80	350	2,94	36
Стандартный	Непрорезиненный	51	0,24	10,2	40	31,21	
Стандартный	Непрорезиненный	66	0,077	17,1	70	22,52	
Стандартный	Непрорезиненный	77	0,03	23,3	90	16,29	
Стандартный	Прорезиненный	200	0,0003	202	500		
Стандартный	Прорезиненный	250	0,000068	215			
Стандартный	Прорезиненный	300	0,000028	430	1400		
Стандартный	Прорезиненный	38	0,34	9,6			
Стандартный	Двухстороннее покрытие	38	0,51	9,6			
Экспериментальны	Прорезиненный	225	0,000184	208			

Рисунок 291 - Форма «Рукава» интерфейса базы данных ГраФиС-Справочник. Зеленым выделено поле «Расход» содержащее сведения о пропускной способности напорных пожарных рукавов

В фигурах напорных пожарных рукавов увидеть значение пропускной способности можно в свойстве «Пропускная способность рукава (л/с).

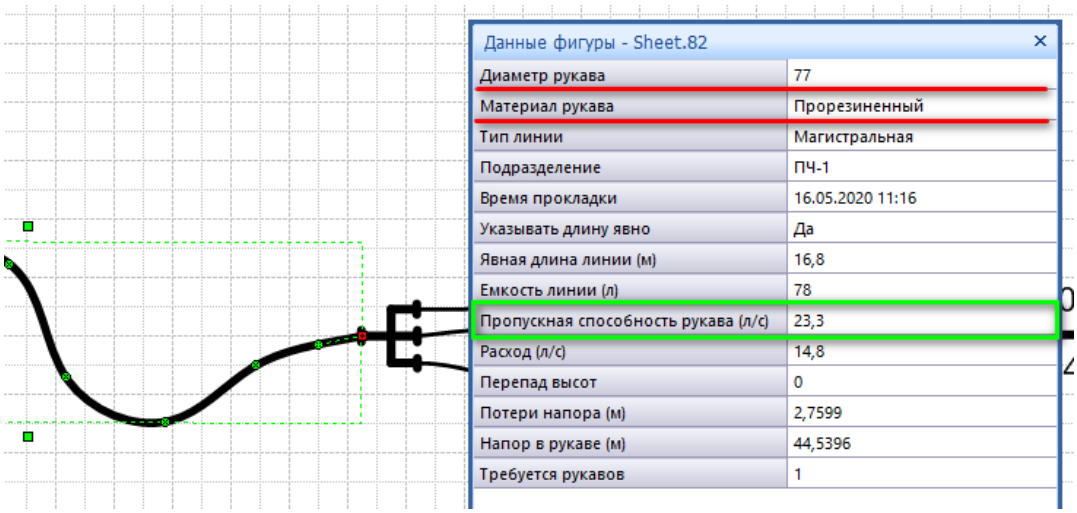


Рисунок 292 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Пропускная способность (л/с). Красным – свойства оказывающее на него влияние

В случае, если расход через сечение рукава, отраженный в свойстве «Расход (л/с)» превышает пропускную способность рукава, то рукавная линия окрашивается в красный цвет (если иной цвет не был указан пользователем

явным образом при помощи стандартных инструментов MS Visio), а во всплывающей подсказке фигуры отображается сообщение «РАСХОД ЧЕРЕЗ РУКАВ ПРЕВЫШАЕТ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ!!!» (рис. 293).

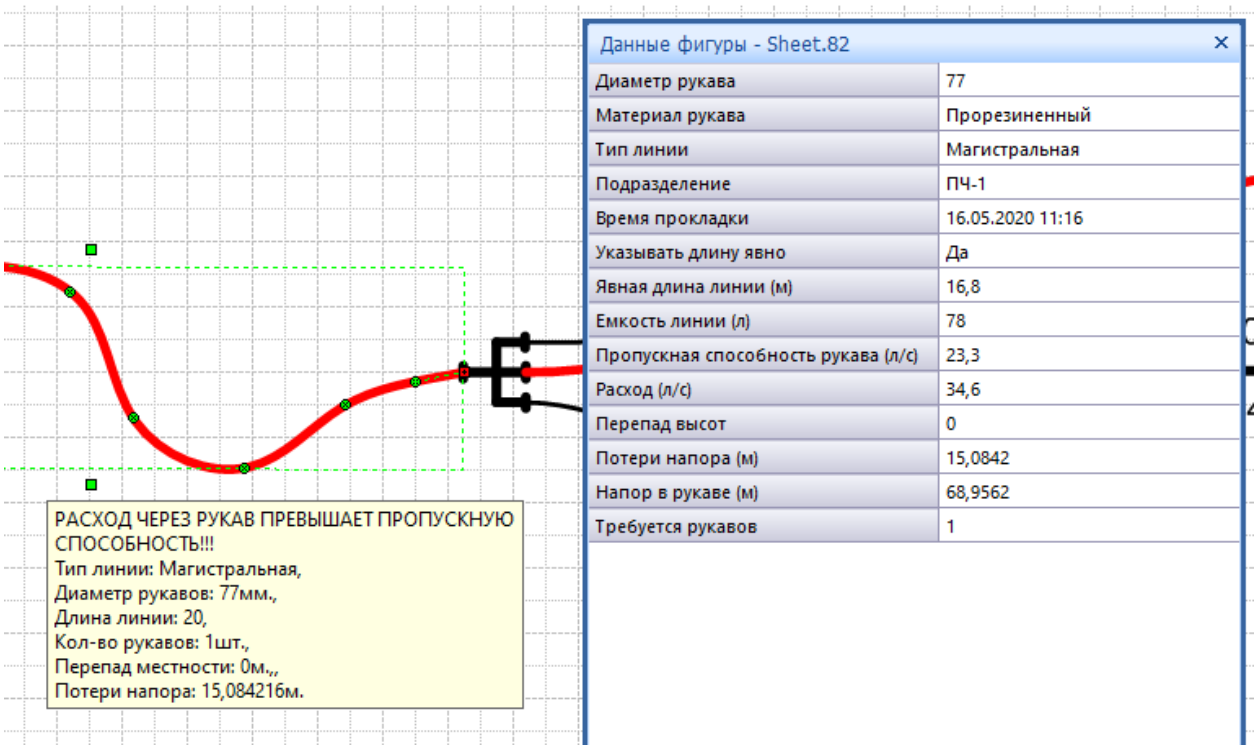


Рисунок 293 - Расход через сечение магистральной рукавной линии превышает ее пропускную способность

6.3.1.7. Определение расхода через сечение рукава

Расход через сечение каждого из рукавов любой насосно-рукавной системы зависит от ее конфигурации в целом, и вычисляется в результате расчета параметров всей НРС. Более подробно об этом процессе можно прочесть в разделе 6.3.1.7.

Увидеть же текущий расход через сечение конкретного рукава можно в таблице свойств фигуры «Напорная пожарная линия» – в поле свойства «Расход (л/с)» (рис. 294).

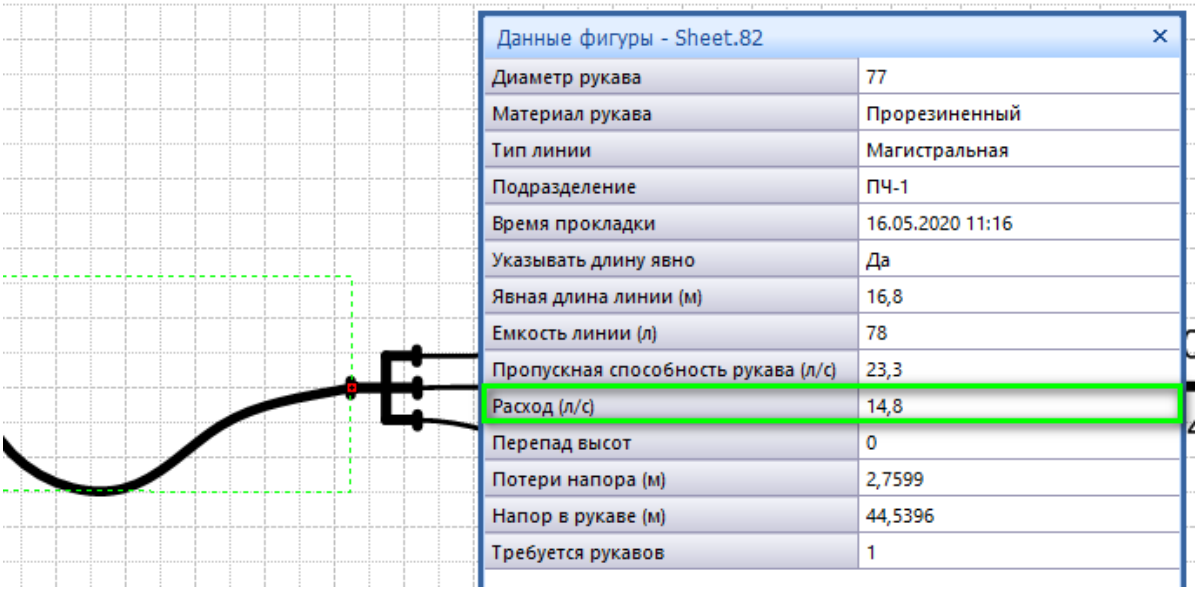


Рисунок 294 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Расход (л/с)»

6.3.1.8. Расчет потерь напора по длине рукавной линии

Расчет потерь по длине рукавной линии является ключевым действием, результат которого, оказывает влияние на параметры всей насосно-рукавной системы. Кроме того, задача определения потерь напора является одной из принципиальных и ключевых задач пожарной гидравлики.

Значение потери напора по длине рукавной линии отражается в свойстве «Потери напора (м)» и измеряется в метрах (рис. 295).

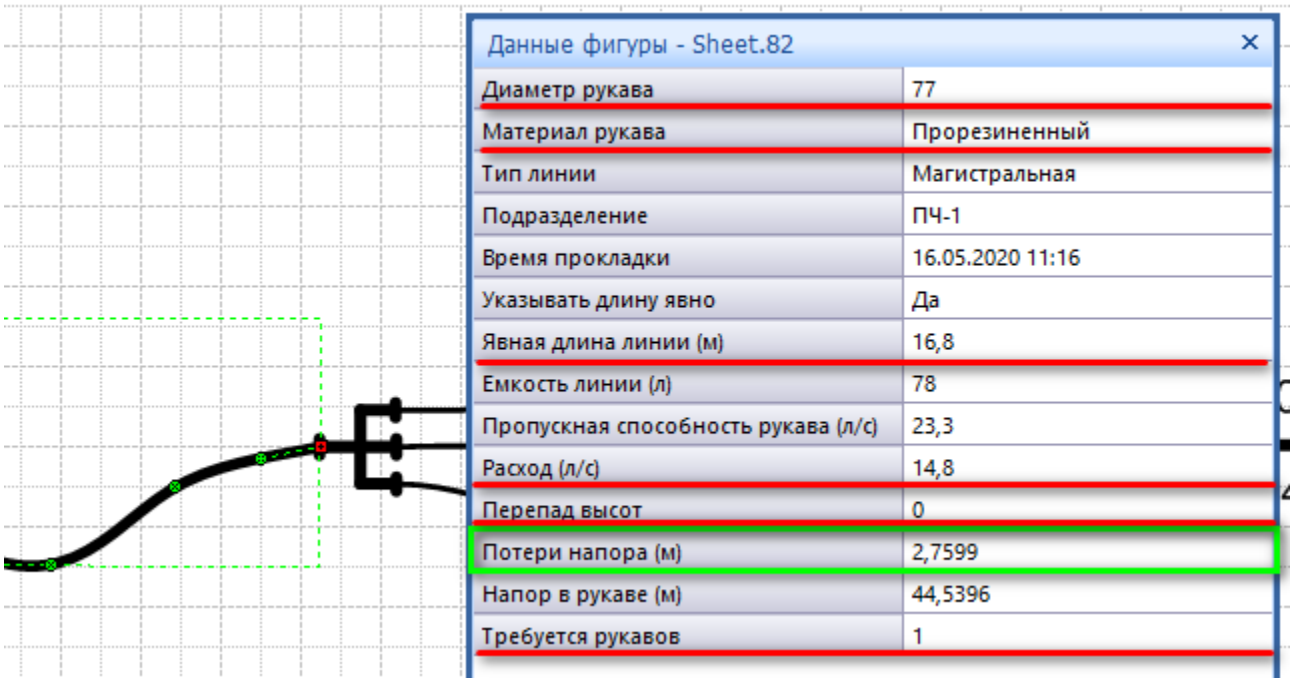


Рисунок 295 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Потери напора (м)». Красным выделены свойства оказывающие влияние на это свойство

Определение потерь напора $h_{\text{рук}}$ по длине рукавной линии осуществляется по следующей формуле:

$$h_{\text{рук}} = S \cdot n \cdot Q^2 + z_{\text{м}}, \text{ м} \qquad (7)$$

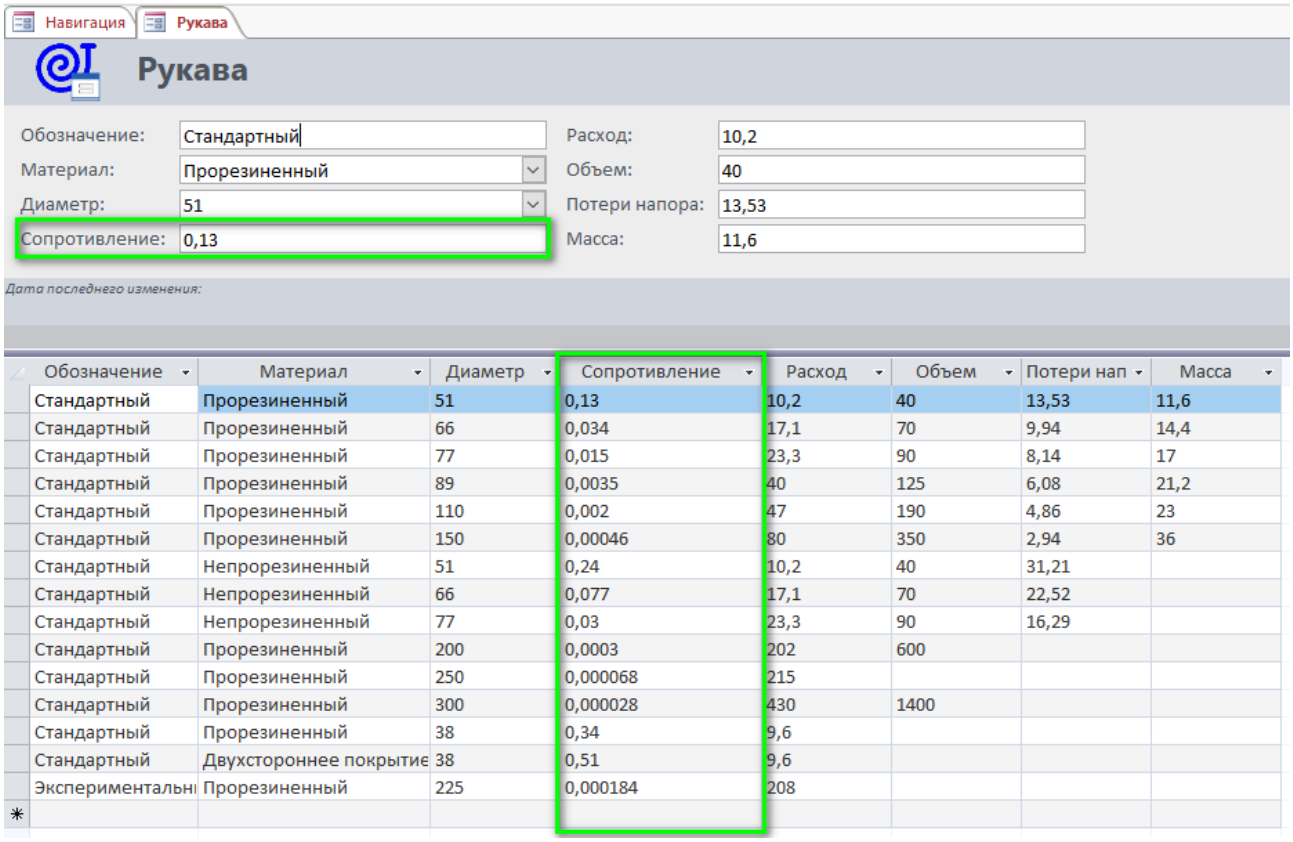
где, S – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20м; n – количество пожарных рукавов в рукавной линии (свойство «Требуется рукавов»); Q – расход воды через сечение пожарного рукава (свойство «Расход»), л/с; $z_{\text{м}}$ – геометрическая разница высот местности в начала и конце рукавной линии по направлению подачи воды (свойство «Перепад высот»), м.

В случае, если пользователь указывает явную длину рукавной линии (п.6.3.1.4), то формула (ф. 7) приобретает вид:

$$h_{\text{рук}} = \frac{S \cdot L_{\text{рук}}}{20} \cdot Q^2 + z_{\text{м}}, \text{ м} \qquad (8)$$

где, $L_{\text{рук}}$ – явная длина рукавной линии, м.

Значения гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов S забираются из базы данных ГраФиС-Справочник. Получить доступ к этим сведениям можно через форму «Пожарно-техническое вооружение» -> «Напорные пожарные рукава» (рис. 296).



Обозначение	Материал	Диаметр	Сопротивление	Расход	Объем	Потери нап	Масса
Стандартный	Прорезиненный	51	0,13	10,2	40	13,53	11,6
Стандартный	Прорезиненный	66	0,034	17,1	70	9,94	14,4
Стандартный	Прорезиненный	77	0,015	23,3	90	8,14	17
Стандартный	Прорезиненный	89	0,0035	40	125	6,08	21,2
Стандартный	Прорезиненный	110	0,002	47	190	4,86	23
Стандартный	Прорезиненный	150	0,00046	80	350	2,94	36
Стандартный	Непрорезиненный	51	0,24	10,2	40	31,21	
Стандартный	Непрорезиненный	66	0,077	17,1	70	22,52	
Стандартный	Непрорезиненный	77	0,03	23,3	90	16,29	
Стандартный	Прорезиненный	200	0,0003	202	600		
Стандартный	Прорезиненный	250	0,000068	215			
Стандартный	Прорезиненный	300	0,000028	430	1400		
Стандартный	Прорезиненный	38	0,34	9,6			
Стандартный	Двухстороннее покрытие	38	0,51	9,6			
Экспериментальн	Прорезиненный	225	0,000184	208			

Рисунок 296 - Форма «Рукава» интерфейса базы данных ГраФиС-Справочник. Зеленым выделено поле «Сопротивление» содержащее сведения о гидравлическом сопротивлении напорных пожарных рукавов

Перерасчет потерь напора выполняется всякий раз при изменении свойств «Диаметр рукава», «Материал рукава», «Явная длина линии (м)», Расход (л/с)», «Перепад высот» и «Требуется рукавов» (рис. 295). В случае если для свойства «Указывать длину явно» выбрана опция «Нет», то так же перерасчет выполняется всякий раз при изменении геометрии рукавной линии, одновременно с изменением свойства «Длина линии (м)» (п.6.3.1.1).

6.3.1.9. Расчет требуемого напора на входе в рукав

При расчете параметров насосно-рукавных систем важную роль играет значение требуемого напора на входе в рукавную линию. Это связано с тем, что при расчете параметров НРС необходимо располагать промежуточными вычислениями, которые могут быть использованы в дальнейших расчетах. Фактически именно этот механизм позволяет определять требуемые параметры работы насоса МСП в составе насосно-рукавной системы (п.6.3.1.1).

Сведения о требуемом напоре отражаются в свойстве «Напор в рукаве (м)» фигур «Напорная рукавная линия» (рис. 297).

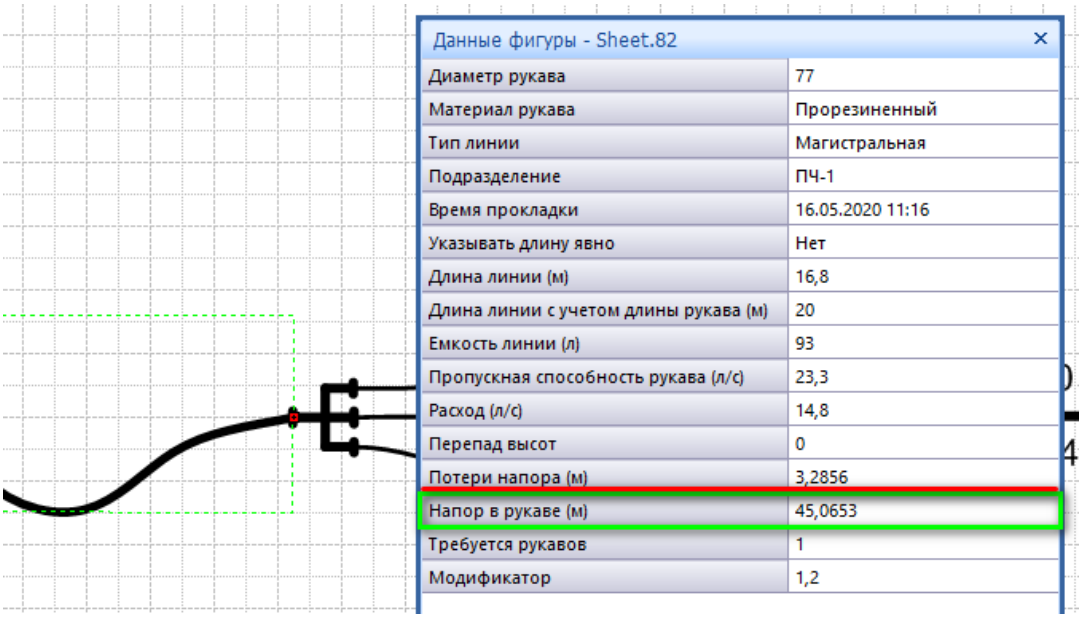


Рисунок 297 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Напор в рукаве (м)». Красным выделены свойства оказывающие влияние на него

Требуемый напор на входе в рукав $H_{вх}$ определяется как сумма напора на выходе из рукава (п.6.3.3.1) и потерь напора по длине рукава (ф. 9).

$$H_{вх} = H_{вых} + h_{рук}, м \quad (9)$$

где, $H_{вых}$– напор на выходе из пожарного рукава, м.

Напор на выходе из пожарного рукава не отражается в свойствах фигуры «Напорная рукавная линия». Для того, чтобы узнать каким будет расход на выходе из рукава, следует посмотреть каков требуемый напор на фигуре гидравлического оборудования к которой ведет рукавная линия.

Рассмотрим пример представленный на рисунке рис. 298. Напор перед пожарным стволом составляет 40м. При потере напора 1,7797м, требуемый напор на ходе в рукавную линию составит 40+1,7797=41,7797м.

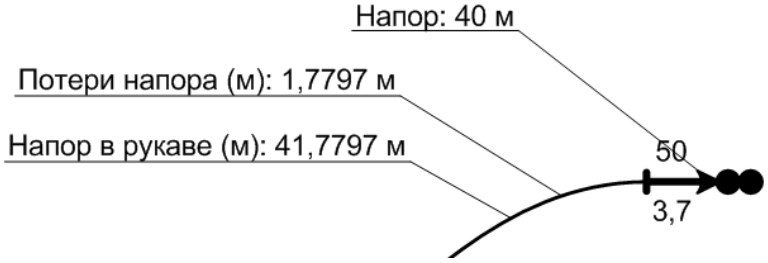


Рисунок 298 - Влияние требуемого напора на пожарном стволе на требуемый напор на входе в рукав

6.3.1.10. Расчет максимально возможной длины рукавной линии при заданных условиях

Расчет максимально возможной длины рукавной линии является дополнительным расчетом. Он позволяет оценить, какой максимальной длины может быть проложена рукавная линия при текущем расходе для того, чтобы обеспечить напор на выходе из рукавной линии требуемый для работы всей последующей части НРС.

Максимально возможная длина вычисляется в двух единицах измерения: в метрах и рукавах. Для каждой из единиц в фигурах «Напорная рукавная линия» имеется отдельное свойство: «Максимальная длина (рук)» и «Максимальная длина (м)», соответственно (рис. 299).

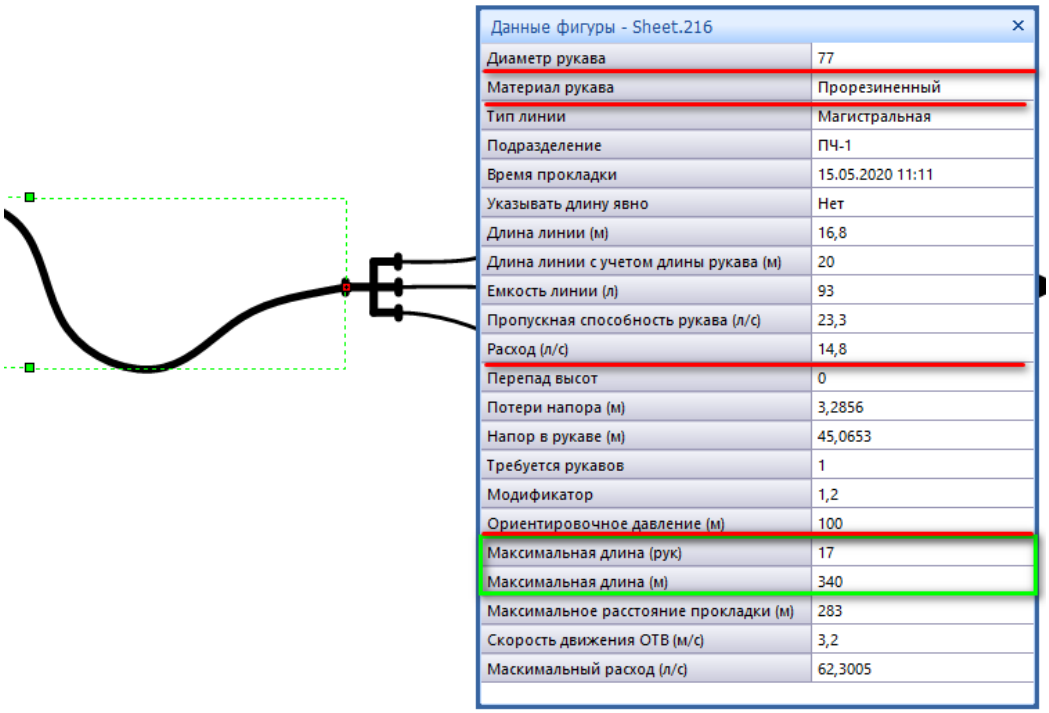


Рисунок 299 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделены свойства отражающие максимально возможную длину рукавной линии. Красным выделены свойства оказывающие на них влияние

Расчет максимально возможной длины рукавной линии в рукавах выполняется в соответствии с формулой:

$$L_{\text{рук}.max} = \left\lfloor \frac{H_{\text{р}} - H_{\text{вых}} - z_{\text{м}}}{S \cdot Q^2} \right\rfloor, \; шт. \qquad (10)$$

где, Нр – ориентировочное давление на входе в рукавную линию (свойство «Ориентировочное давление (м)»), м; S – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20м; n – количество пожарных рукавов в рукавной линии (свойство «Требуется рукавов»); Q – расход воды через сечение пожарного рукава (свойство «Расход»), л/с; $z_{\text{м}}$ – геометрическая разница высот местности в начала и конце рукавной линии по направлению подачи воды (свойство «Перепад высот»), м.

В зависимости от контекста расчета ориентировочное давление на входе в рукавную линию принимается равным напору на насосе МСП или напору на входе в рукавную линию. Пользователь может изменять данный параметр используя свойство «Ориентировочное давление (м)»

Вычисление длины рукавной линии осуществляется путем умножения значения максимально возможной длины рукавной линии в рукавах $L_{\text{рук}.max}$ на расчетную длину рукава.

$$L_{\text{м}.max} = l_{\text{рук}} \cdot L_{\text{рук}.max} \ , м \qquad (11)$$

где, $l_{\text{рук}}$ – расчетная длина одного рукава (табл. 2).

6.3.1.11. Расчет максимально возможного расстояния прокладки рукавной линии

В практических расчетах зачастую очень важно понимать не только возможную длину рукавной линии, но и то расстояние на которое она может быть проложена. Практика показывает, что проложить рукавную линию идеально прямой невозможно – она имеет изгибы связанные с неровностями местности и естественным стремлением рукава под воздействием гидравлических сил, движущейся по ней жидкости, принять неправильную форму. Поэтому реальное расстояние, на которое может быть проложена рукавная линия всегда меньше ее длины.

В расчетах для определения реального расстояния прокладки рукавной линии используется коэффициент неровности поверхности 1,2. ГраФиС позволяет автоматически определять этот параметр напорной рукавной линии. Для отображения результатов его расчета используется свойство «Максимальное расстояние прокладки (м)» (рис. 300).

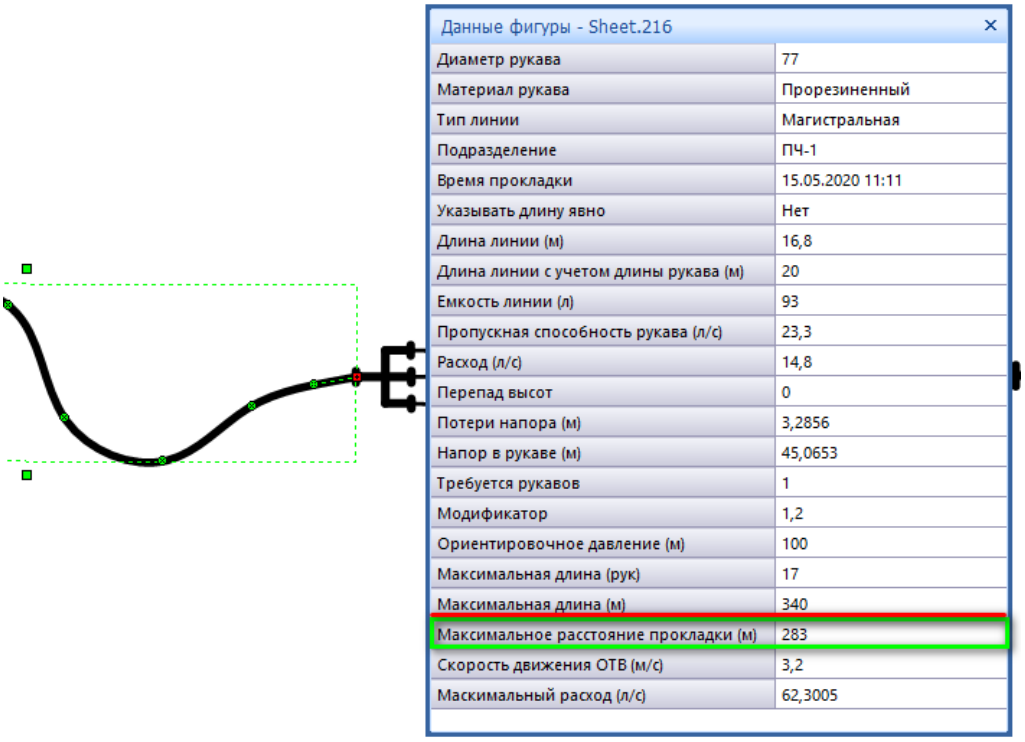


Рисунок 300 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Максимальное расстояние прокладки (м)». Красным выделены свойства оказывающие на него влияние

Формула, используемая в ГраФиС для определения максимально возможного расстояния прокладки рукавной линии следующая:

$$L = L_{\text{м}.max} \ / \ 1{,}2 \quad , м \qquad (12)$$

Таким образом, значение свойства «Максимальное расстояние прокладки (м)» зависит от значения свойства «Максимальная длина (м)», а значит, и от все свойств, от которых в свою очередь зависит последнее (рис. 300).

6.3.1.12. Расчет скорости движения воды в рукавах

ГраФиС позволяет производить расчет скорости движения воды в рукавных линиях. Этот расчет может представлять интерес при решении исследовательских и учебных задач.

Значение параметра скорости движения воды через сечение рукава рассчитывается на основе значения свойства «Расход (л/с)» и отражается в свойстве «Скорость движения ОТВ (м/с)» (рис. 301).

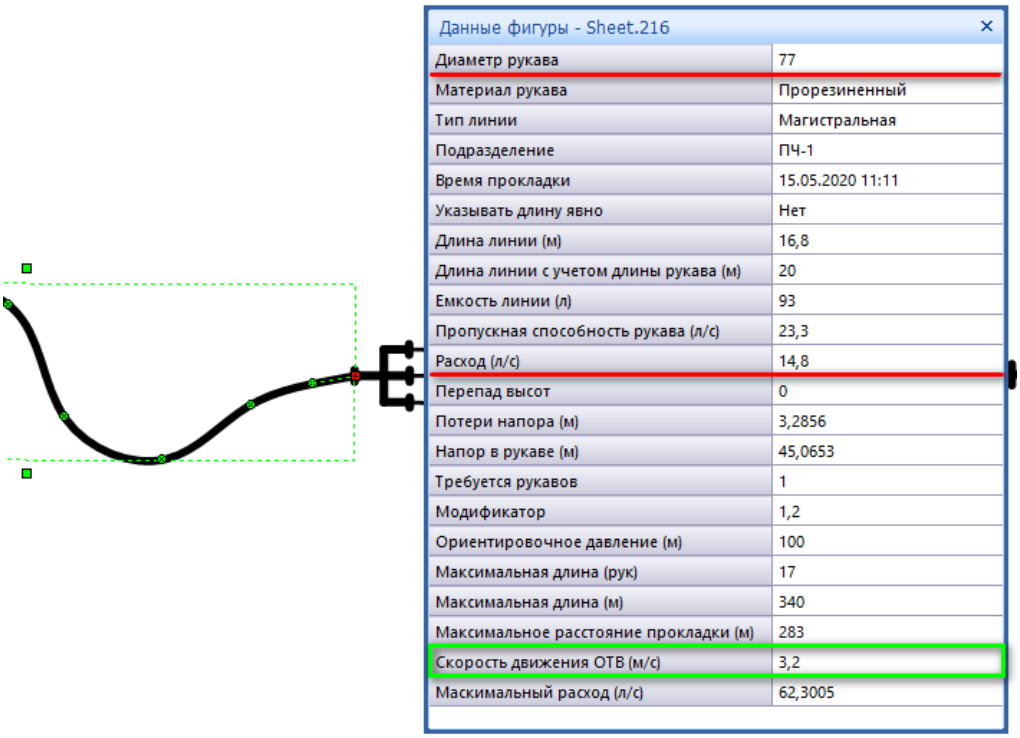


Рисунок 301 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Скорость движения ОТВ (м/с)». Красным выделены свойства оказывающие на него влияние

Расчет скорости движения жидкости $v_{\text{ОТВ}}$ по рукавной линии производится по формуле:

$$v_{\text{ОТВ}} = \frac{Q \cdot 1000}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}\ , м/с \qquad (13)$$

где, Q – расход ОТВ через сечение пожарного рукава, л/с; d – диаметр пожарного рукава, мм.

6.3.1.13. Расчет максимально возможного расхода воды через сечение рукава при заданных условиях

Еще одной актуальной задачей расчета параметров напорной рукавной линии является определение максимального расхода, который может быть обеспечен при текущих параметрах рукавной линии – диаметре и материале напорных рукавов, а также длине рукавной линии.

Параметр максимально возможного расхода отражен в свойстве «Максимальный расход (л/с)» фигуры «Напорная рукавная линия» (рис. 302).

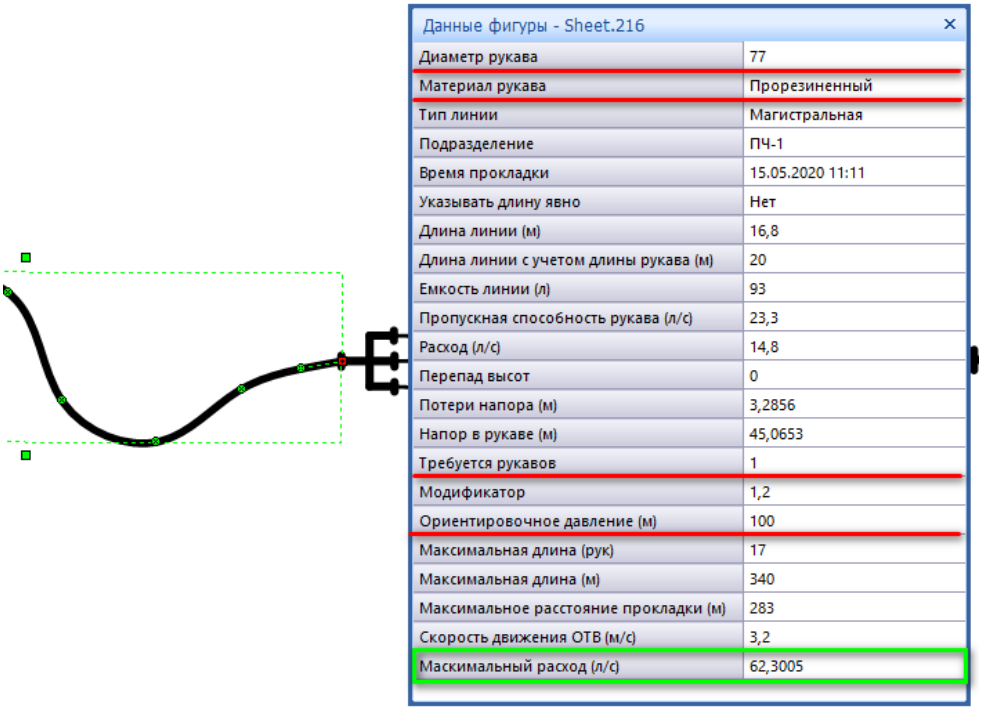


Рисунок 302 - Окно данных фигуры «Напорная рукавная линия». Зеленым выделено свойство «Максимальный расход (л/с)». Красным выделены свойства оказывающие на него влияние

Логика расчета максимально возможного расхода при заданных параметрах рукавной линии схожа с логикой определения максимальной длины рукавной линии описанной в разделе 6.3.1.10., но обратна ей, так как в данном случае длина рукавной линии известна и равна геометрически определенной (размерность - рукава), расход же, напротив, неизвестен. Поэтому формула

определения максимального возможного расхода Q_{max} выглядит следующим образом:

$$Q_{max} = \sqrt{\frac{H_{\text{р}} - H_{\text{вых}} - z_{\text{м}}}{n \cdot S}} \text{ , л/с.} \quad (14)$$

где, Hp – ориентировочное давление на входе в рукавную линию (свойство «Ориентировочное давление (м)»), м; S – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20м; n – количество пожарных рукавов в рукавной линии (свойство «Требуется рукавов»); $z_{\text{м}}$ – геометрическая разница высот местности в начала и конце рукавной линии по направлению подачи воды (свойство «Перепад высот»), м.

Более подробно об ориентировочном давлении на входе в рукавную линию говорится в разделе п.6.3.1.10.

6.3.2. Расчет параметров приборов подачи огнетушащих веществ

6.3.2.1. Указание напора перед приборами подачи воды

Для расчета параметров работы насосно-рукавных систем в России используется, так называемый, обратный расчет, когда определение параметров каждого из элементов НРС происходит последовательно – от приборов подачи ОТВ к насосам мобильных средств пожаротушения [26]. Такой расчет подразумевает, что параметры приборов подачи ОТВ являются заранее известными, постоянными величинами. При этом соответствие производительности пожарных стволов определяется ТТХ стволов. Этот же подход реализован в стандартных трафаретах ГраФиС.

Это означает, что напор перед приборами подачи воды указывает пользователь (или принимает указанное по умолчанию значение), значение производительности данной модели ствола забирается из базы данных ГраФиС-Справочник, и в дальнейшем при расчете всей НРС используются эти параметры.

Для отображения значения напора используется свойство «Напор» фигур приборов подачи огнетушащих веществ (рис. 303).

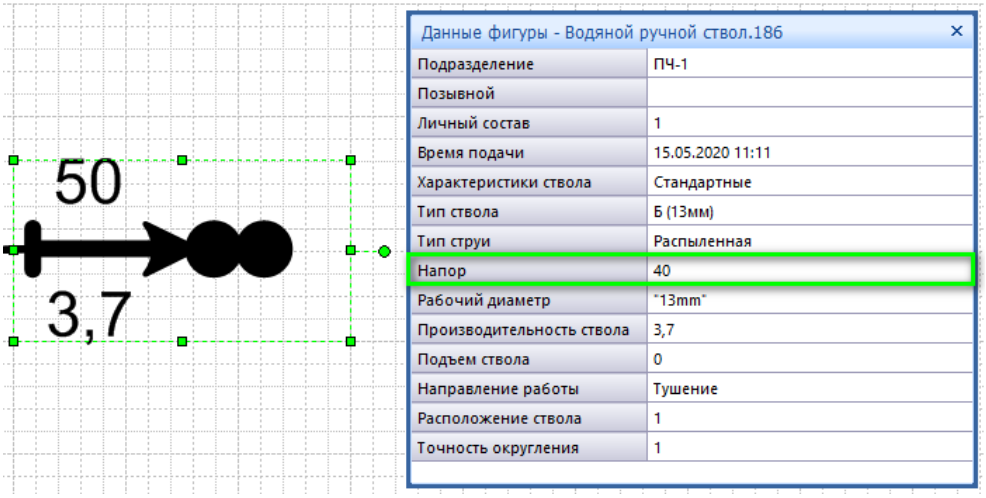


Рисунок 303 - Данные фигуры «Водяной ручной ствол». Зеленым цветом выделено свойство «Напор».

Значением свойства «Напор» для ручных стволов по умолчанию является 40м, для пенных и лафетных стволов – 60м. Более подробно о расчете и определении расходов из приборов подачи ОТВ можно прочесть в разделах п.6.3.2.2 и п.6.3.2.3.

6.3.2.2. Определение производительности приборов подачи огнетушащих веществ

Для отображения текущего значения производительности прибора подачи огнетушащих веществ используется свойство «Производительность ствола» (рис. 304).

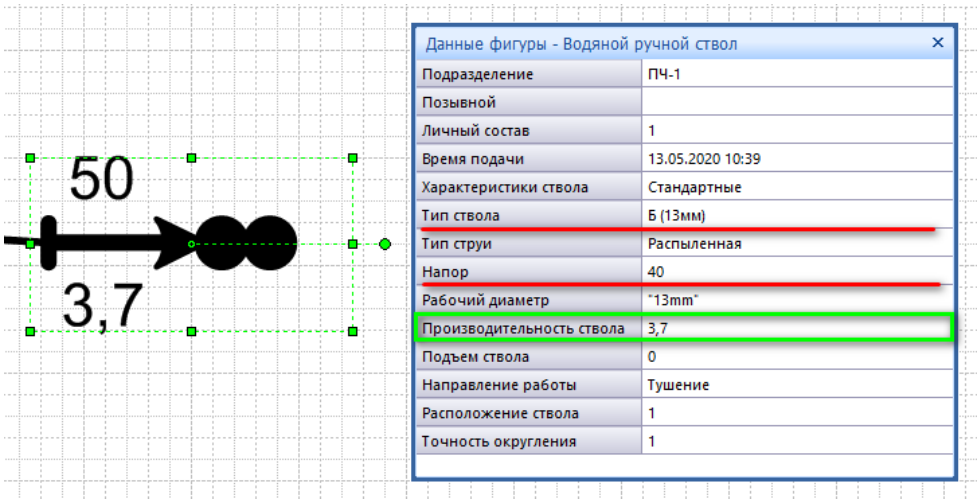


Рисунок 304 - Данные фигуры «Водяной ручной ствол». Зеленым цветом выделено свойство «Производительность ствола». Красным цветом выделены параметры важные для его расчета

В стандартных трафаретах ГраФиС-Тактик версии 12.1.00 реализовано два механизма получения сведений о производительности приборов подачи огнетушащих веществ:

– расчет производительности для любого произвольного значения напора перед прибором подачи воды в соответствии с его проводимостью (только для цилиндрических гладкоствольных насадков водяных стволов)
– получение справочных данных о производительности прибора при конкретных напорах из базы данных (для всех видов приборов подачи ОТВ)

6.3.2.3. Расчет производительности водяных стволов с гладкоствольными насадками

Традиционно в пожарной охране Российской Федерации при проведении пожарно-тактических расчетов в качестве приборов подачи воды по умолчанию используются стволы с гладкоствольными цилиндрическими насадками. Поэтому для фигур водяных стволов ГраФиС по умолчанию указаны именно такие стволы. А поскольку их гидравлические характеристики хорошо известны и описаны в справочной литературе [22, с.62], то для определения их производительности используется первый – расчетный метод. Вычисление производительности ствола $Q_{\text{ств}}$ при любом напоре производится по следующей формуле:

$$Q_{\text{ств}} = p \cdot \sqrt{H_{\text{ств}}} \qquad (15)$$

где, p – коэффициент производительности (проводимость насадка) [22, с.62, 23, с.44]; $H_{\text{ств}}$ – напор перед стволом, м.

Значения проводимостей гладкоствольных цилиндрических насадков используемые при вычислении производительности стволов приведены в таблице табл. 3:

Таблица 3 - Значения проводимости гладкоствольных цилиндрических насадков [22, с.62]

Диаметр насадка d, мм	Проводимость p	Диаметр насадка d, мм	Проводимость p
13	0,58	28	2,72
16	0,891	32	3,56
19	1,26	38	5,00
22	1,68	50	8,77
25	2,17	65	14,74

Напор перед стволом указывается пользователем в свойстве «Напор». Значение должно быть неотрицательным числом. Традиционно для пожарной охраны, значения напора указываются в метрах (метрах водяного столба).

Таким образом, процесс вычисления производительности пожарных стволов выглядит следующим образом.

1. Пользователь вбрасывает фигуру водяного пожарного ствола
2. Указывает в свойстве «Тип ствола» ручных стволов или в свойстве «Рабочий диаметр» лафетных стволов требуемый диаметр насадка. Свойство «Характеристики ствола» при этом должно иметь значение «Стандартные»
3. Указывает в свойстве «Напор» текущий напор на стволе
4. Результирующее значение производительности водяных стволов отображается в свойстве «Производительность ствола»

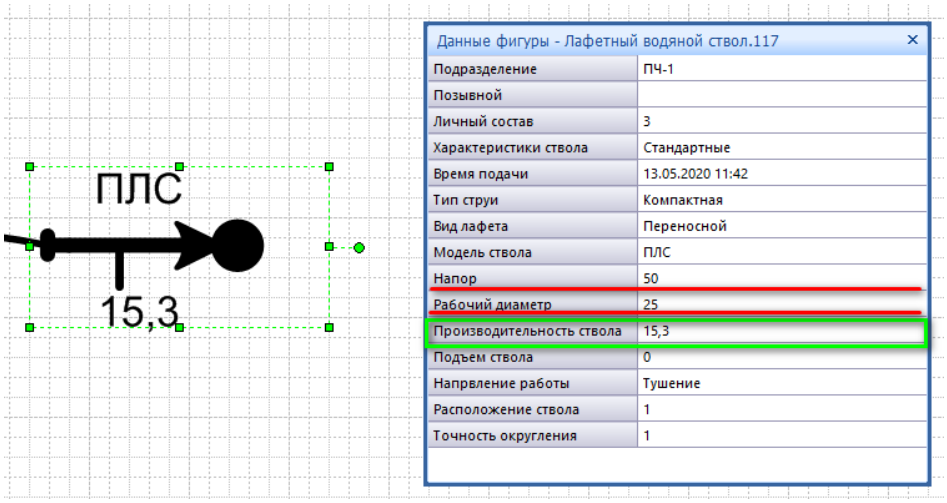


Рисунок 305 - Данные фигуры «Лафетный водяной ствол». Зеленым цветом выделено свойство «Производительность ствола». Красным цветом выделены параметры важные для его расчета

Описанный механизм определения производительности приборов подачи ОТВ характерен для следующих фигур трафарета «ПТВ»: «Ручной водяной ствол», «Лафетный водяной ствол», «Возимый лафетный ствол», «Автомобильный лафетный ствол».

6.3.2.4. Получение сведений о производительности прибора при конкретных напорах из базы данных

Общим механизмом получения сведений о производительности для приборов подачи воды и пены является получение сведений из базы данных.

Прежде чем приступить к описанию порядка получения данных о производительностях стволов, необходимо обратить внимание, что сведения для приборов подачи прочих видов огнетушащих веществ (газ, порошок, абразив и т.д.) в настоящее время в ГраФиС отсутствуют в связи со скудностью соответствующей информации и низкой ее востребованностью.

Поскольку структура данных о расходах воды и раствора пенообразователя из пожарных стволов довольно сложна для понимания, то следует для начала более подробно рассмотреть ее. Обратимся к изображению рис. 306 на котором представлена данная структура.

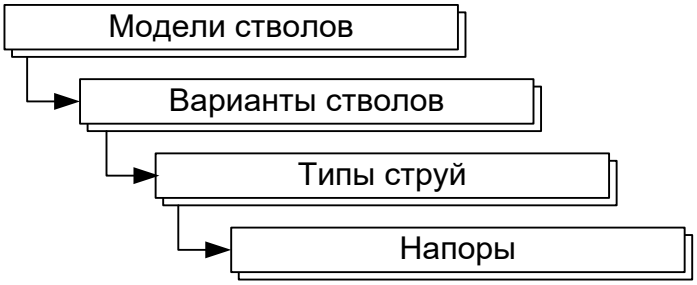


Рисунок 306 - Структура сведений о расходе из пожарных стволов

Результирующий расход из любого пожарного ствола зависит от очень многих факторов – от его модели, от варианта технического исполнения или способа применения ствола, типа струи, подаваемой стволом, а также напора перед стволом. Под вариантом технического исполнения или способа применения ствола здесь понимается конкретный способ применения ствола и связанные с этим технические особенности. Например, ствол ОРТ-50 может подавать водяные струи, но при наличии пенного насадка может подавать пенные струи. Таким образом, для данного ствола будут реализованы два варианта: «Базовый», подразумевающий использование ствола в стандартном исполнении и подачу водяных струй; «Пенный насадок», подразумевающий оснащение ствола пенным насадком и подачу пены низкой кратности.

Эти сведения хранятся в базе данных в следующем порядке:

В базе данных имеется перечень *Моделей* стволов. У каждой модели ствола может быть несколько (но не менее одного) *Вариантов* исполнения или применения ствола. В каждом из вариантов содержится один или несколько *Видов струй*, которые могут быть сформированы данным вариантом ствола. Для каждой струи должно быть указано не менее одного *Напора* и соответствующих ему параметров подачи ОТВ.

Модели стволов, их варианты, данные о струях и напорах хранятся в соответствующих таблицах базы данных ГраФиС-Справочник и представлены в форме «Пожарные стволы» раздела «Пожарно-техническое вооружение» (рис. 307).

Навигация | Стволы (вода и пена)

Пожарные стволы (вода и пена)

Пурга-20.60.80
Пурга-200-240М
Пурга-200-240С
Пурга-30.60.90М
Пурга-30.60.90С
Пурга-5
Пурга-7
Пурга-7С
РС-1/3У
РС-3/5/10У
РС-50
РС-70
РС-А
РС-Б
РСК-50
РСКЗ-70
РСКУ-50А
РСКУ-50А-АП ПРОРЫВ
РСП-50
РСП-70
СВД
СВП
СВП-2
СВП-4
СВП-8
СЛК-П20
СЛК-П20С
СРВД-2/300

Отбор по типу ствола: Ручной

Модель ствола: РС-50
Тип ствола: Ручной
Условный проход: 50
Кратность:
Ссылка на wiki-fire.org: http://wiki-fire.org/РС-50.ashx
Диапазон: 3,7

Вариант ствола: Насадок 13мм

Табилца производительности ствола

Вид струи	Проводимость
Сплошная	0,5876

Напор	Расход	Производительность пены	Расход воды 1	Расход ПО 1	Расход воды 2	Расход ПО 2
20	2,7					
30	3,2					
35	3,5					
40	3,7					
50	4,1					
60	4,5					

Вид струи	Проводимость
Распыленная	0,5876

Напор	Расход	Производительность пены	Расход воды 1	Расход ПО 1	Расход воды 2	Расход ПО 2
20	2,7					
30	3,2					
35	3,5					
40	3,7					
50	4,1					
60	4,5					

0,0000

Запись: 1 из 6 | Нет фильтра | Поиск

Дата последнего изменения: 07.05.2020 1:10:52

Рисунок 307 - Раздел «Пожарно-техническое вооружение», форма «Пожарные стволы» базы ГраФиС-Справочник

Рассмотрим более подробно представление свойств каждой из этих таблиц на примере ствола ОРТ-50 (рис. 308).

Модель ствола: ОРТ-50
Тип ствола: Ручной
Условный проход: 50
Кратность:
Ссылка на wiki-fire.org: http://wiki-fire.org/ОРТ-50.ashx
Диапазон: 2,7

Вариант ствола: Базовый; Пенный насадок

Табилца производительности ствола

Вид струи	Проводимость
Сплошная	0,4269

Напор	Расход	Производительность пены	Расход воды 1	Расход ПО 1	Расход воды 2	Расход ПО 2
40	2,7					

Распыленная с углом распыла 60гр.	0,3162

Напор	Расход	Производительность пены	Расход воды 1	Расход ПО 1	Расход воды 2	Расход ПО 2
40	2					

0,0000

Рисунок 308 - Форма «Пожарные стволы». Сведения о стволе ОРТ-50. Зеленым выделен блок основных сведений о модели ствола

Общие сведения о модели ствола.

Модель любого ствола как объект базы данных имеет следующие свойства:

– *Тип ствола* (Ручной, Лафетный, Лафетный возимый, Лафетный стационарный). Это свойство отвечает за то, у каких фигур стволов будет отображаться данная модель в списке моделей стволов
– *Условный проход* ствола, мм
– *Кратность*. Значение кратности пены, формируемой стволом. Значение влияет на производительность ствола по пене и зависит от выдранного варианта ствола. Учитывается только для пенных струй.
– *Ссылка на wiki-fire.org*. Ссылка на справочную статью о данном стволе на сайте электронной энциклопедии пожарного дела wiki-fire.org. Используется для быстрого перехода из контекстного меню фигур пожарных стволов
– *Диапазон*. Диапазон расходов для данного ствола. Позволяет отражать в подписях фигур пожарных стволов диапазон расходов в соответствии с рекомендациями БУПО [24, прил.10].

Отражение соответствующих свойств в фигурах пожарных стволов при размещении их на рабочем листе представлены на изображении рис. 309.

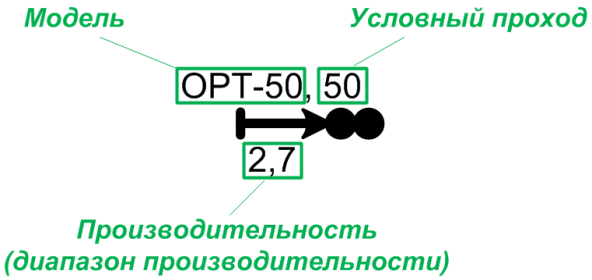


Рисунок 309 - Представление свойств модели ствола ОРТ-50 в фигуре при размещении на рабочем листе

Свойство Ссылка на wiki-fire.org, а также настройки внешнего вида фигуры ствола можно найти в ее контекстном меню (рис. 310).

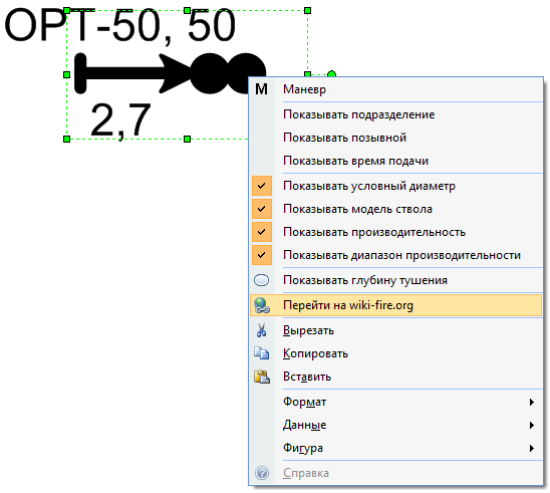


Рисунок 310 - Контекстное меню фигуры ручного пожарного ствола

Варианты ствола.

Варианты технического исполнения или применения ствола можно выбрать в списке справа от сведений о модели ствола (рис. 311).

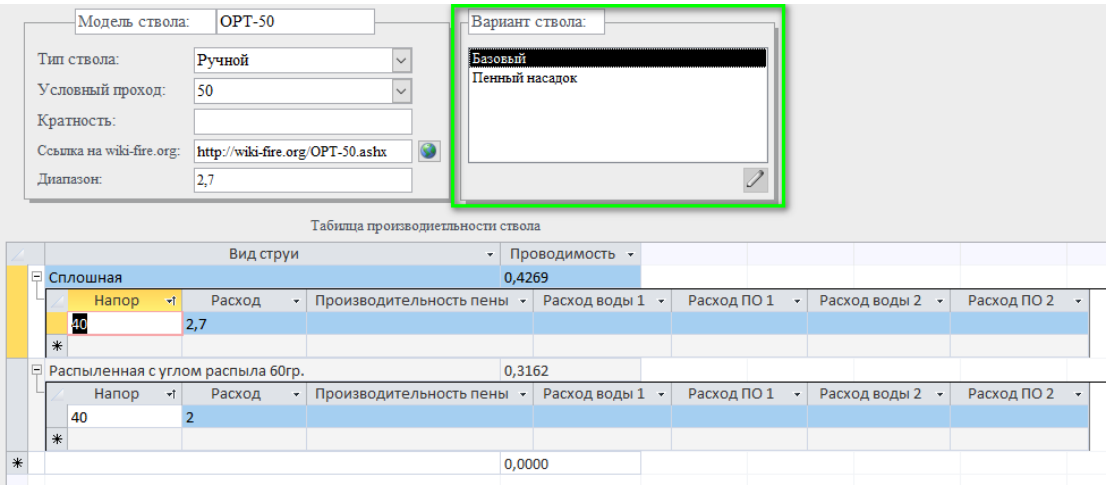


Рисунок 311 - Форма «Пожарные стволы». Сведения о стволе OPT-50. Зеленым выделен блок выбора варианта ствола

Для редактирования списка вариантов следует воспользоваться кнопкой расположенной в нижнем правом углу блока.

При размещении фигур пожарных стволов вариант ствола отражается в свойстве «Вариант» (рис. 312).

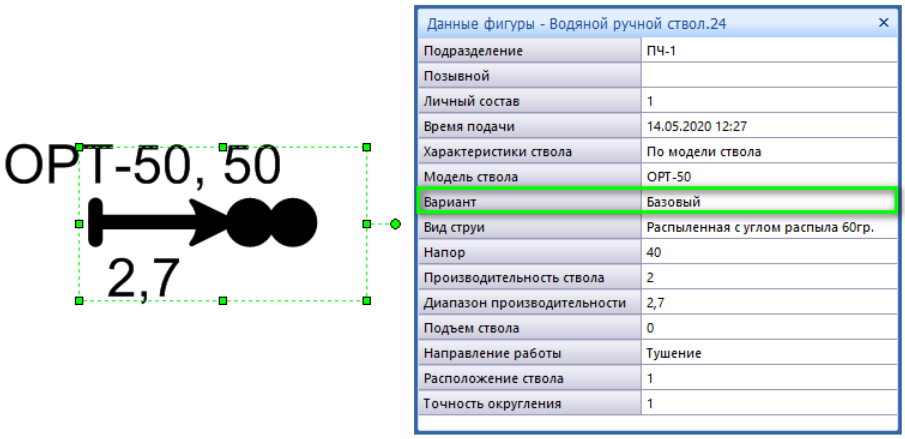


Рисунок 312 - Свойства фигуры «Ручной водяной ствол». Зеленым выделено свойство «Вариант»

Таблица производительностей ствола.

В нижней части формы «Пожарные стволы» расположен блок «Таблица производительности ствола», объединяющий список струй данного варианта

ствола и параметров подачи ОТВ для соответствующих напоров каждого из типов струй (). Сведения в данной таблице обновляются всякий раз при выборе другого варианта ствола.

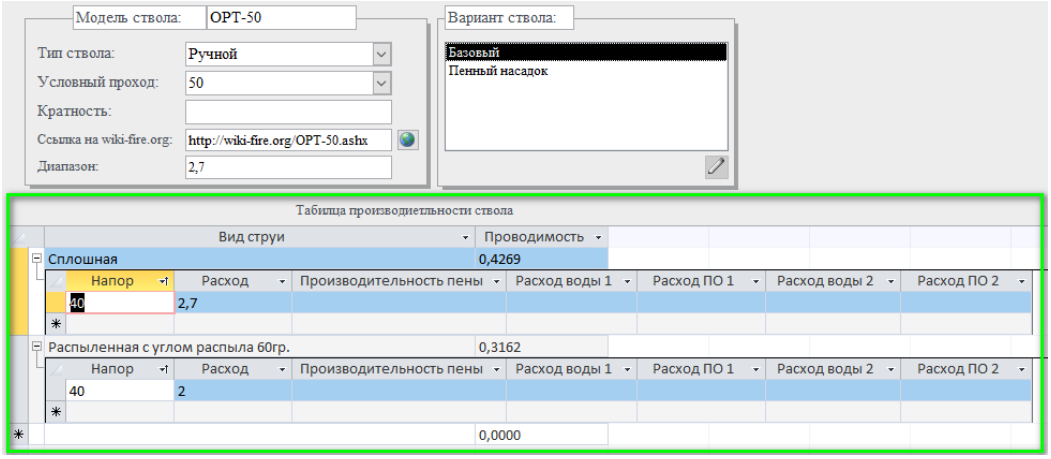


Рисунок 313 - Форма «Пожарные стволы». Сведения о стволе ОРТ-50. Зеленым выделен блок «Таблица производительностей ствола»

Данные в таблице сгруппированы по видам струй. Каждый из видов имеет название и сведения о коэффициенте проводимости ствола для данной струи. Этот коэффициент используется при вычислении производительности ствола в зависимости от напора перед стволом в трафаретах НРС (п.6.4) [25

Добавить новый вид струи можно выбрав название нового вида в поле «Название» (рис. 314). В выпадающем списке, справа от названия указывается тип струи (Компактная, Распыленная, Тонкораспыленная, Пенная). В случае отсутствия необходимого вида струи добавить его можно воспользовавшись кнопкой «Добавить» расположенной под списком.

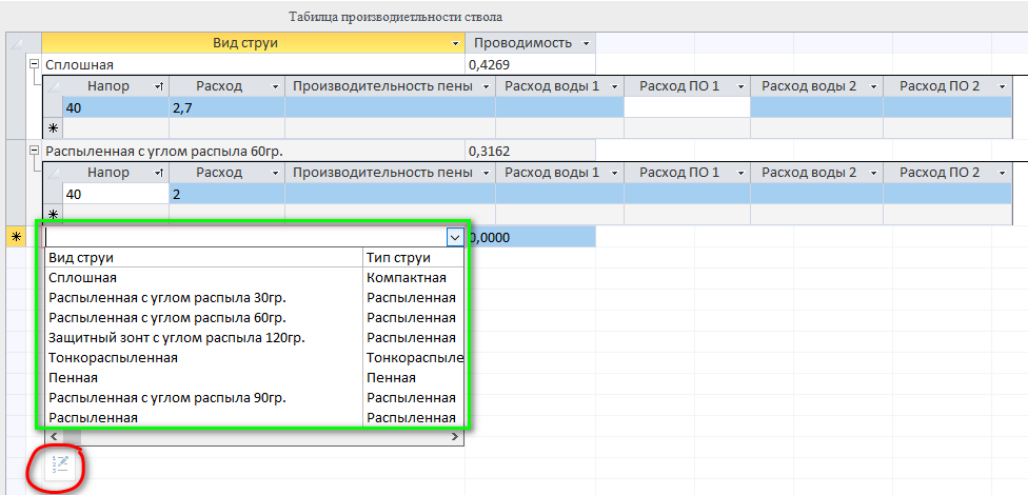


Рисунок 314 - Блок «Таблица производительностей ствола» формы «Пожарные стволы». Сведения о стволе ОРТ-50. Зеленым выделен список существующих видов струй. Красным – кнопка добавления новго типа

Параметры подачи ОТВ.

Для каждого вида струи во вложенной таблице указан набор параметров подачи ОТВ для известных напоров. Среди параметров имеются:

- *Напор*. Значение напора, которому соответствуют все прочие параметры подачи. Традиционно для пожарной охраны Российской Федерации указывается в метрах (метрах водяного столба).
- *Расход*. Расход воды или раствора пенообразователя (в зависимости от типа струи). Указывается в литрах в секунду (л/с)
- *Производительность пены*. Производительность по пене. Зависит от расхода раствора и кратности для данного варианта ствола. Указывается в литрах в секунду.
- *Расход воды 1*. Расход воды при использовании 6-ти процентного раствора пенообразователя. Указывается в литрах в секунду (л/сек).
- *Расход ПО 1*. Расход пенообразователя при использовании 6-ти процентного раствора пенообразователя. Указывается в литрах в секунду (л/сек).
- *Расход воды 2*. Расход воды при использовании 4-х процентного раствора пенообразователя. Указывается в литрах в секунду (л/сек).
- *Расход ПО 2*. Расход пенообразователя при использовании 4-х процентного раствора пенообразователя. Указывается в литрах в секунду (л/сек).

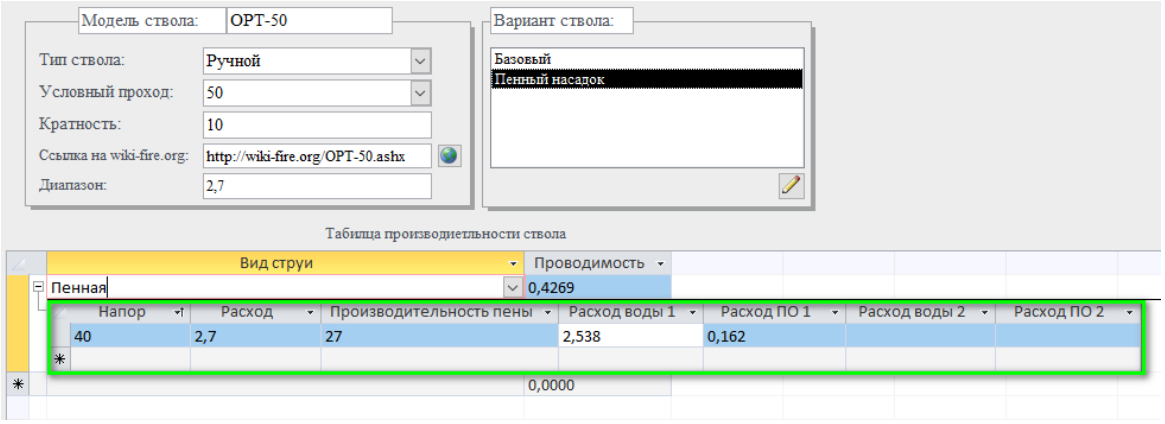


Рисунок 315 - Форма «Пожарные стволы». Сведения о стволе ОРТ-50. Зеленым выделен блок «Параметры подачи ОТВ»

При размещении фигур пожарных стволов на рабочем листе виды струй и параметры подачи ОТВ отражаются в свойствах выделенных зеленым контуром на изображении рис. 316.

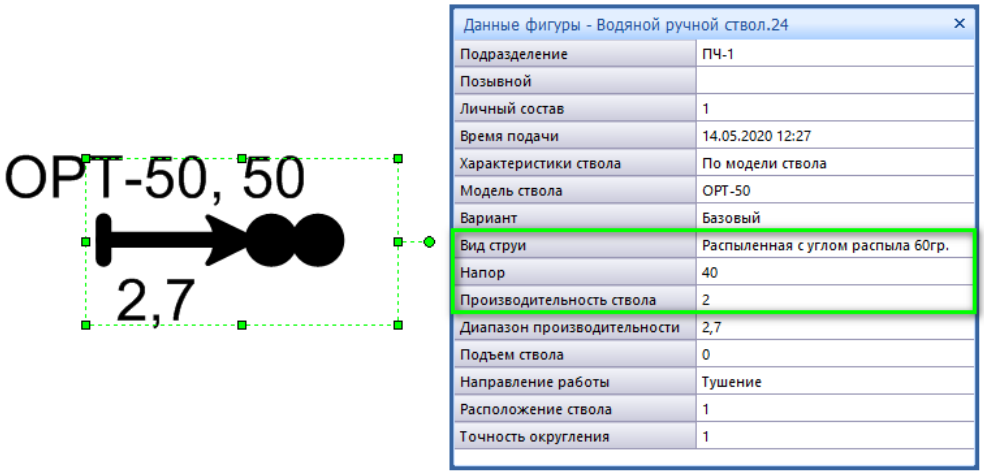


Рисунок 316 - Свойства фигуры «Ручной водяной ствол». Зеленым выделены свойства отвечающие за отражение вида струй и параметров подачи ОТВ

Общий порядок определения производительности ствола

Таким образом, для того, чтобы определить расход из ствола при определенном напоре следует в фигуре пожарного ствола указать:

1. Модель ствола
2. Для данной модели ствола выбрать вариант исполнения
3. Для данного варианта указать тип интересующей струи
4. Выбрать напор
5. Определить производительность ствола в свойстве «Производительность ствола» (рис. 317, рис. 318).

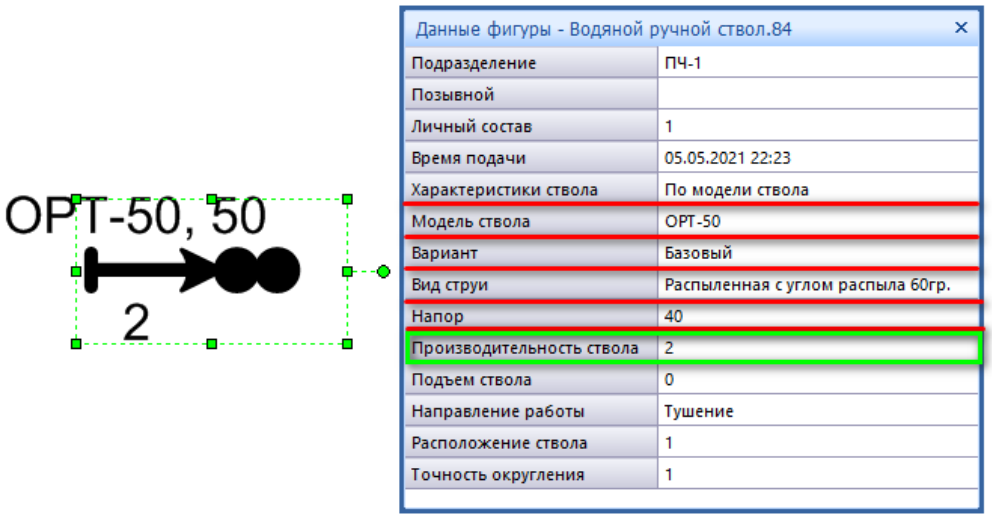


Рисунок 317 - Данные фигуры «Водяной ручной ствол». Зеленым цветом выделено свойство «Производительность», красным – свойства оказывающее на него влияние

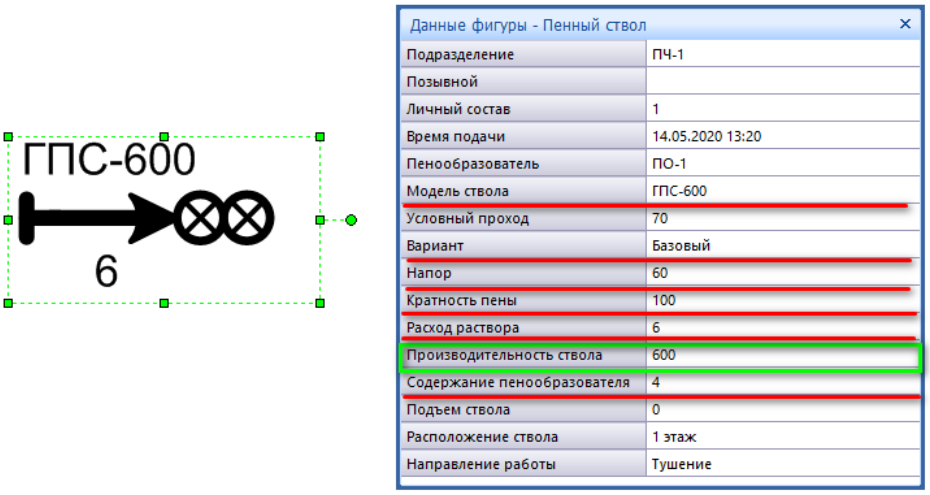


Рисунок 318 - Данные фигуры «Пенный ствол». Зеленым цветом выделено свойство «Производительность», красным – свойства оказывающее на него влияние

Более подробно о ведении базы данных ГраФиС-Справочник можно прочесть в п.5.

6.3.3. Расчет параметров элементов насосно-рукавных систем при ветвлении рукавных линий

Насосно-рукавные системы, как и любые другие системы, можно разделить на простые и сложные. Темой данной книги не является рассмотрение методов системного анализа, поэтому просто обозначим, что под простыми НРС в ней подразумеваются системы, в которых, встречается только один вид рукавных соединений – последовательный или параллельный (рис. 319). К сложным же НРС относятся такие системы, в которых одновременно встречаются и параллельное соединение элементов НРС и последовательное [27, 28].

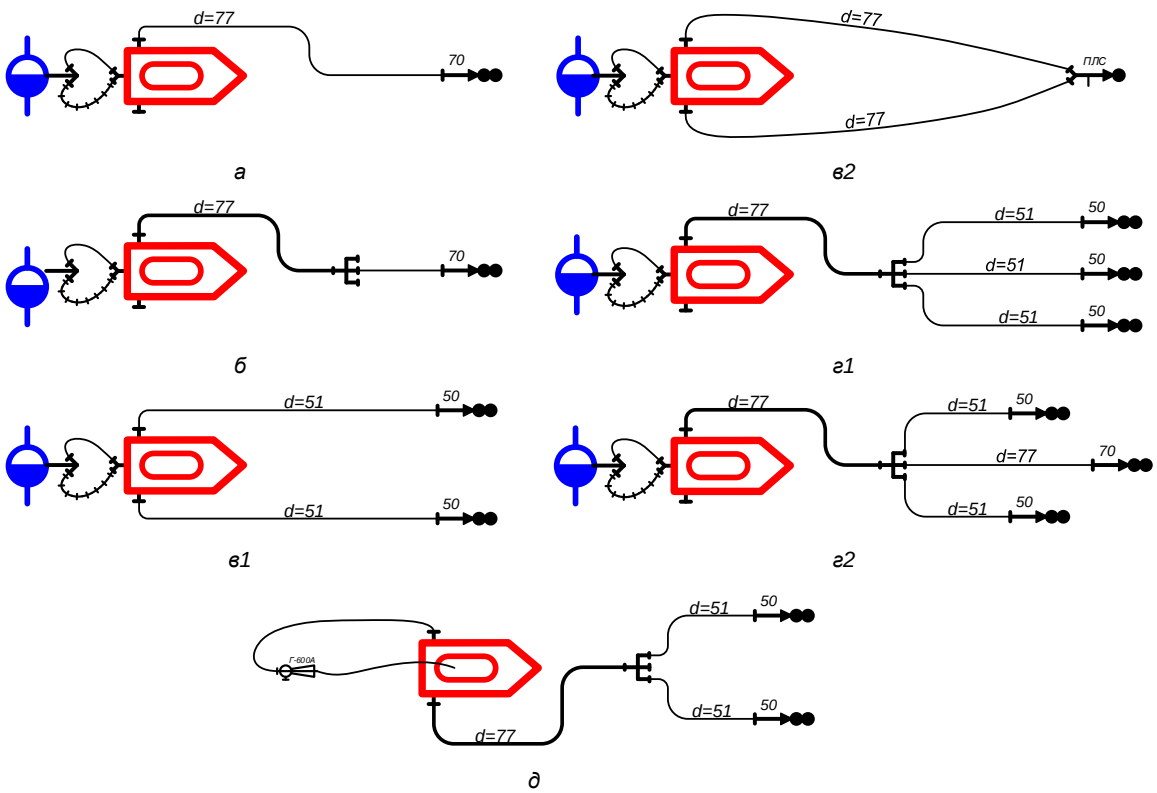


Рисунок 319 - Виды насосно-рукавных систем:
а – последовательное (простое) соединение, б - последовательное соединение через рукавное разветвление, в1 – параллельное соединение к нескольким приборам подачи ОТВ, в2 – параллельное соединение к одному прибору подачи, г1 – смешанное соединение с равноценными рабочими линиями, г2 – смешанное соединение с различными рабочими линиями, д – НРС на основе гидроэлеваторной схемы забора воды

Ярко выраженным признаком сложных НРС, как видно из рисунка рис. 319 является наличие ветвлений рукавных линий. Причем рукавные линии могут не только разделяться, но и объединяться. Чаще всего такое ветвление осуществляется за счет рукавных разветвлений, коллекторов или водосборников. Но в практике встречаются и более необычные варианты ветвления НРС: через МСП, через промежуточные емкости, через пенные вставки и пеносмесители и т.д. Наконец, встречаются и закольцованные НРС, ярким примером которых являются гидроэлеваторные насосно-рукавные системы.

Принципиальное отличие простых НРС от сложных заключается в наличии в последних ярко выраженного взаимного влияния параметров элементов системы. Это влияние приводит к существенному усложнению расчета таких систем, о чем более подробно написано в разделе п.6.4.1. В пожарно-тактических же расчетах, для того что бы обойтись без сложных итеративных вычислений гидравлического расчета используется ряд упрощений:

- параметры приборов подачи ОТВ в процессе расчета считаются неизменными, не подверженными влиянию смежных элементов НРС, и как правило соответствуют ТТХ
- в относительно простых НРС потери напора в рабочих рукавных линиях заменяются величиной 10м
- расчет проводится обратным методом – от приборов подачи ОТВ к насосам МСП [26]

При расчете параметров сложных НРС ключевую роль играет определение параметров в узлах ветвления потока. О механизмах расчета свойств фигур ГраФиС из основного набора трафаретов, используемых для ветвлений потока, пойдет речь далее. Расчет свойств фигур ГраФиС из набора трафаретов НРС описан в разделе п.6.4.

6.3.3.1. Определение параметров оборудования при разделении потока

Разделение потока воды в насосно-рукавных системах в ГраФиС реализуется следующими способами:

- с использованием гидравлического оборудования для ветвления: рукавные разветвления, коллекоры, водосборники
- с использованием мобильных средств пожаротушения
- с использованием промежуточных емкостей

В отличие от приборов подачи ОТВ, для которых в стандартной методике напор и расход указываются явным образом согласно их ТТХ, параметры фигур ветвления НРС вычисляется в ходе расчета параметров НРС. Это означает, что получить значение параметров можно только тогда, когда насосно-рукавная система полностью составлена и заданы свойства всех ее элементов.

Каждая фигура ветвления может иметь несколько точек подключения рукавных линий на вход и несколько точек подключения рукавных линий на выход. Подразумевается, что по рукавным линиям, подключенным к точкам входа вода подается в гидравлическое оборудование, по рукавным линиям, подключенным к точкам выхода вода подается далее (рис. 320).

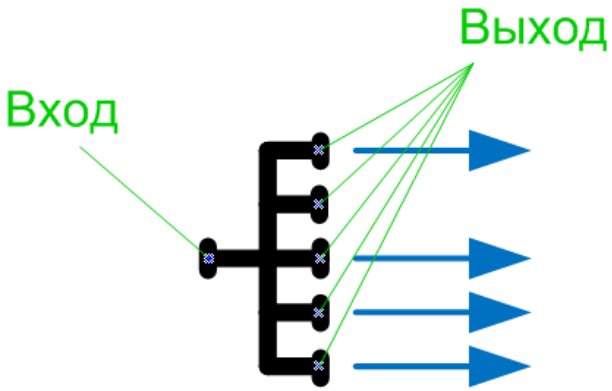


Рисунок 320 - Точки подключения рукавных линий на примере фигуры «Разветвление»

Логика расчета параметров фигур ветвлений заключается в следующем:

- напор на входе в фигуру всегда равен максимальному напору на выходе из фигуры
- расход на входе в фигуру всегда равен сумме расходов на выход из фигуры

Рукавные разветвления

Фигура рукавного разветвления имеет одну точку подключения на вход и пять на выход (из которых по умолчанию показано три).

Значения параметров напора и расхода на входе в разветвление можно увидеть в свойствах «Напор на разветвлении, (м)» и «Расход (л/с)», соответственно (рис. 321).

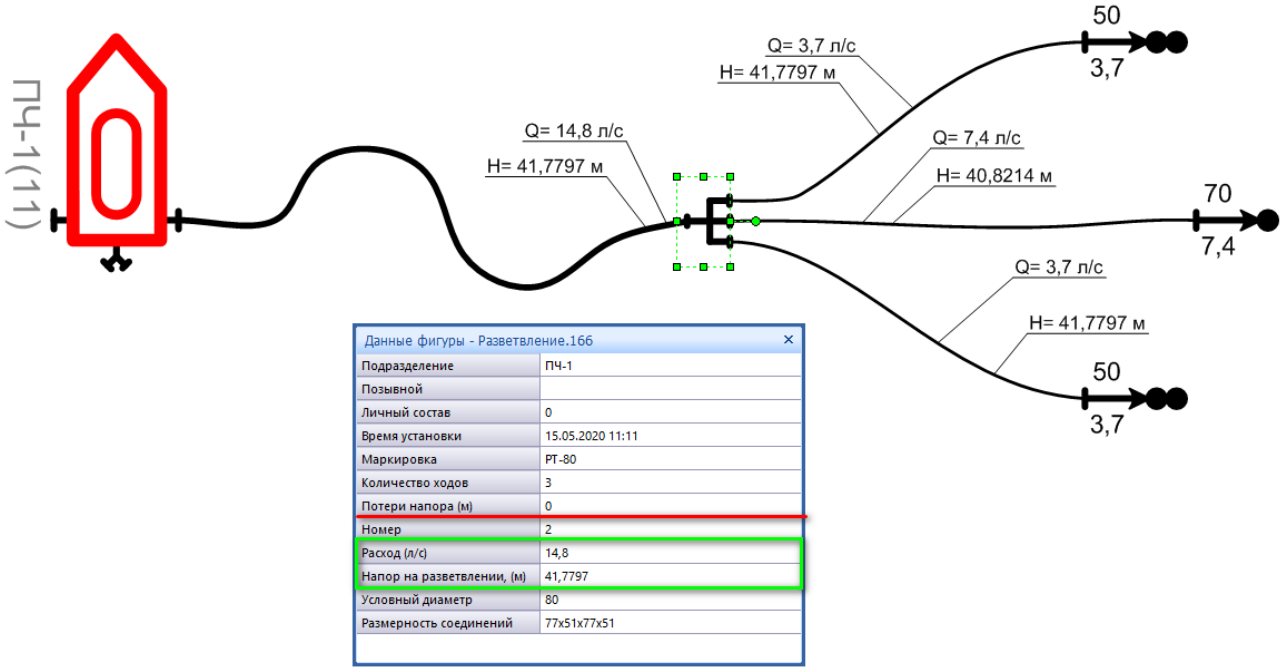


Рисунок 321 - Свойства фигуры «Рукавное разветвление». Зеленым выделены свойства отражающие параметры НРС на входе в разветвление. Красным выделено свойство «Потери напора (м)»

Расчет напора на входе в разветвление $H_{\text{разв}}^{\text{вх}}$ осуществляется по следующей формуле:

$$H_{\text{разв}}^{\text{вх}} = \max\left(H_{\text{разв}}^{\text{вых}\,i}\right) + h_{\text{разв}} \qquad (16)$$

где, $H_{\text{разв}}^{\text{вых}\,i}$ – напор на i-й точке подключения рукавных линий на выход, м; $h_{\text{разв}}$ – точечные потери напора на разветвлении (свойство «Потери напора (м)»), м.

По умолчанию точечные потери напора в рукавном разветвлении равны 0м, т.е. не учитываются. Однако, если пользователь по каким-либо причинам хочет произвести вычисления непременно с учетом 10м потерь напора на разветвлении (что неверно), то ему следует воспользоваться советом из раздела п.6.3.3.3.

Расчет расхода на входе в разветвление $Q_{\text{разв}}^{\text{вх}}$ осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{разв}}^{\text{вх}} = Q_{\text{разв}}^{\text{вых1}} + Q_{\text{разв}}^{\text{вых2}} + Q_{\text{разв}}^{\text{вых3}} + Q_{\text{разв}}^{\text{вых4}} + Q_{\text{разв}}^{\text{вых5}} \qquad (17)$$

где, $Q_{\text{разв}}^{\text{вых}\,i}$ – расход на i-й точке подключения рукавных линий на выход, л/с

Таким образом, если обратиться к изображению рис. 321, можно убедиться, что расход на входе в разветвление составляет 14,8л/с и равен сумме расходов из рабочих рукавных линий, отходящих от разветвления, а напор перед разветвлением составляет 41,7797м, что является максимальным значением из вех напоров в рукавах, отходящих от разветвления. Эти же значения передаются магистральной рукавной линии, подключенной к фигуре разветвления на вход.

Коллекторы

На момент написания книги коллектор выполняет ту же роль, что и рукавное разветвление – разделяет поток воды от магистральной рукавной линии. В перспективе планируется сделать коллектор универсальной фигурой, позволяющей в зависимости от того, как подключены рукава выполнять как роль разделения потока, так и роль сбора потока от нескольких рукавных линий.

Порядок расчета свойств подачи воды фигуры «Коллектор» идентичен расчету свойств подачи воды фигуры «Разветвление», с той разницей, что коллектор имеет всего три точки подключения рукавных линий на выход. Поэтому подробно рассматривать расчет для данной фигуры не будем и ограничимся визуальным представлением примера расчета, представленным на изображении рис. 321.

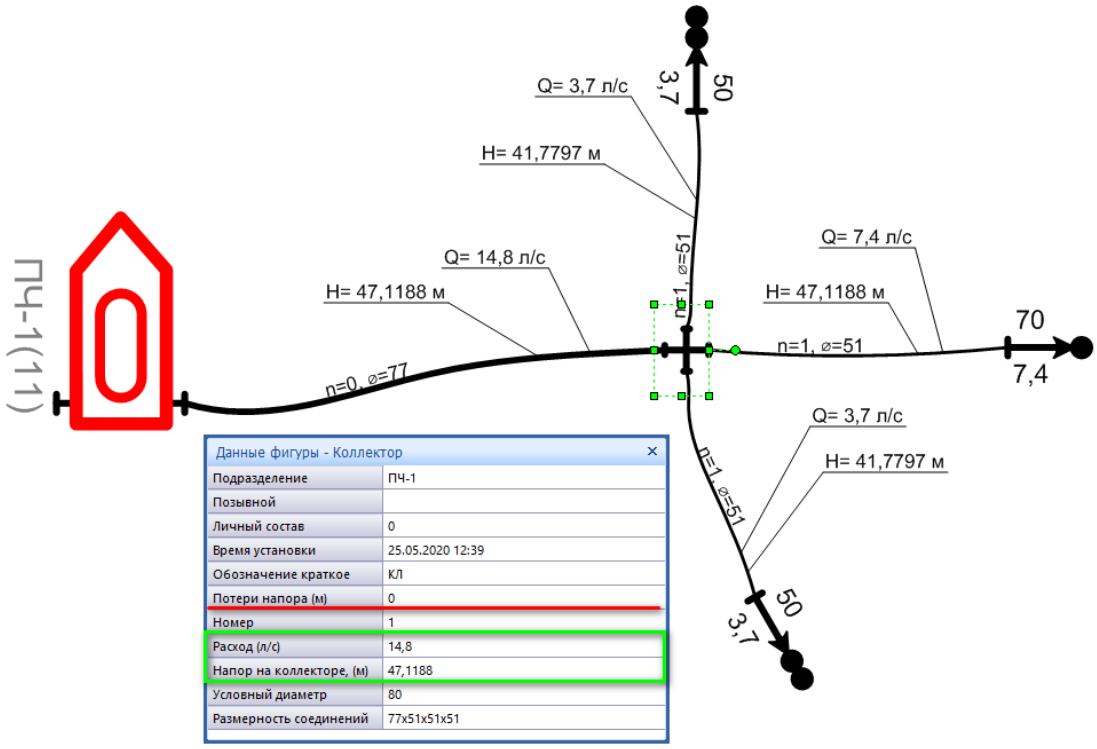


Рисунок 322 - Свойства фигуры «Коллектор». Зеленым выделены свойства отражающие параметры НРС на входе в коллектор. Красным выделено свойство «Потери напора (м)»

Водосборники

Изначально, водосборник не являлся самостоятельной фигурой и входил в состав фигур некоторых МСП (автоцистерны, насосно-рукавные автомобили, аэродромные автомобили и т.д.). Но позже, в связи с появлением необходимости составления насосно-рукавных систем, в которых два потока объединялись бы в один, была разработана специальная фигура «Водосборник», которая могла бы использоваться отдельно от МСП.

Особенностью фигуры водосборника является тот факт, что она имеет два режима работы: режим водосборника и режим разветвления. Таким образом фигура «Водосборник» может использоваться как для разделения потока, так и для его объединения. Описание второй функции дано в разделе п.6.3.3.2. Здесь же речь пойдет о работе фигуры «Водосборник» при разделении потока.

Переключение режима работы фигуры происходит автоматически при соединении рукавных линий с точками подключения. Программная составляющая системы ГраФиС анализирует конфигурацию насосно-рукавной системы и в зависимости от того куда направлен поток воды переключает режим работы (рис. 323).

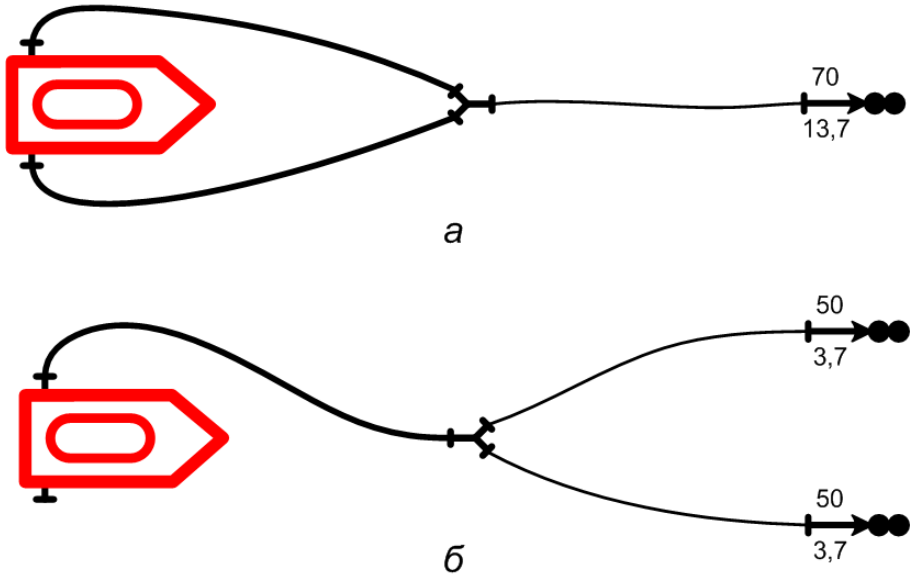


Рисунок 323 - Режимы работы фигуры «Водосборник». а – сбор потока от двуг рукавных линий в одну, б – разделение потока от одной рукавной линии на две

Так же переключить режим работы фигуры «Водосборник» можно вручную, воспользовавшись командой всплывающего меню «Использовать как разветвитель» (рис. 324).

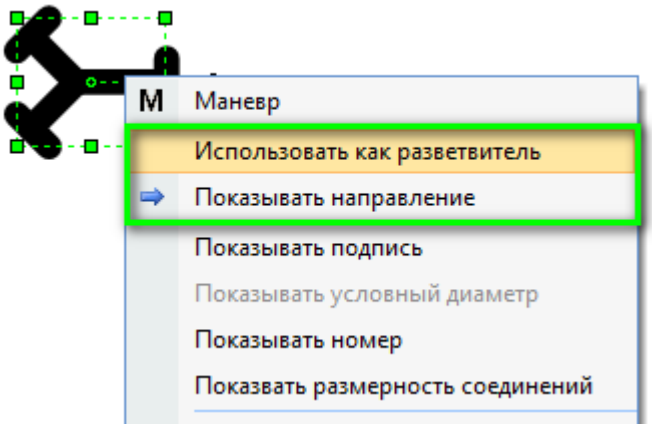


Рисунок 324 - Команды вплывающего меню фигуры «Водосборник» связанные с направлением потока воды

Определить режим работы водосборника можно по стрелкам указывающим направление движения воды. Для отображения стрелок можно воспользоваться командой «Показывать направление» (рис. 324).

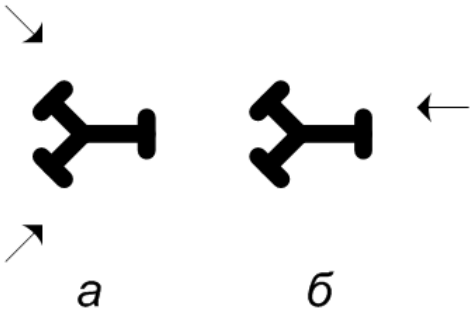


Рисунок 325 - Стрелки направления потока в фигурах «Водосборник». а – режим водосбрника, б – режим разветвления

Параметры водосборника работающего в режиме разветвления можно просмотреть в свойствах «Расход (л/с)» и «Напор (м)» (рис. 326). В целом порядок их расчета идентичен порядку расчета для фигур «Разветвление» описанному выше.

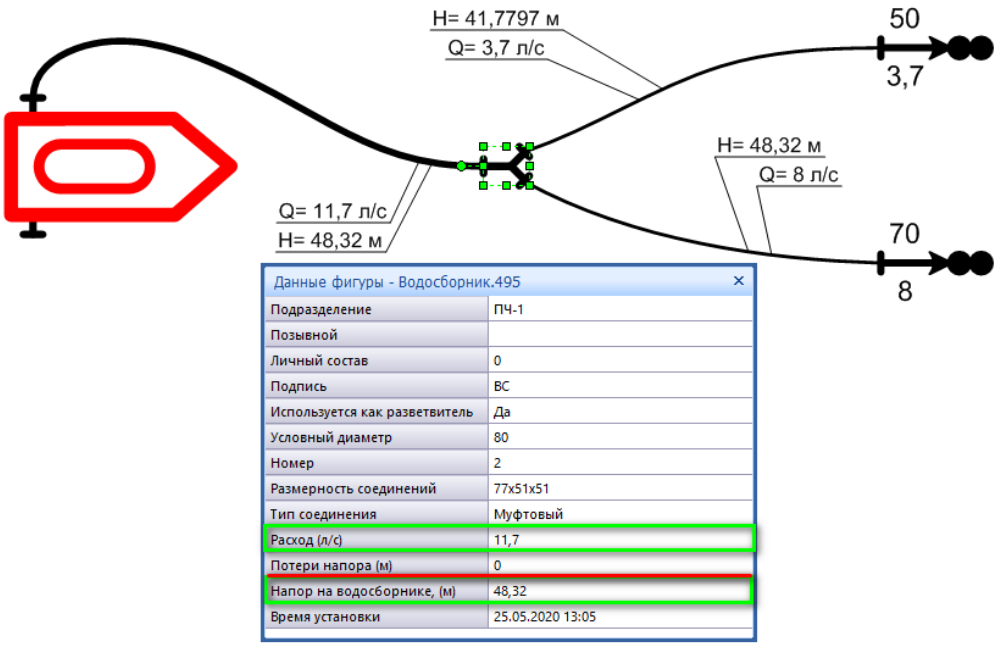


Рисунок 326 - Свойства фигуры «Водосборник». Зеленым выделены свойства отражающие параметры НРС на входе в фигуру. Красным выделено свойство «Потери напора (м)»

6.3.3.2. Определение параметров оборудования при сборе рукавных линий

Сбор потока воды в насосно-рукавных системах в ГраФиС происходит:

- при помощи фигур водосборников
- с использованием фигур мобильных средств пожаротушения
- с использованием фигур промежуточных емкостей
- в фигурах некоторых приборов подачи ОТВ

С точки зрения пожарной гидравлики расчет параметров сбора потока от нескольких рукавных линий является очень проблематичным. Связано это с наличием неопределенности в состоянии потоков, поступающих от различных рукавных линий.

Если речь идет о подаче воды от одного источника по двум параллельным рукавным линиям, то очевидно, что расход воды в каждой из рукавных линий будет равен половине общего. Напор же перед соединением от каждой из подающих линий будет равен напору после объединения за вычетом точечных потерь (если таковые учитываются). Расчет параметров такой насосно-рукавной системы не представляет труда. [22]

Однако в случае, если подающие рукавные линии имеют различные параметры – количество, диаметр, материал рукавов – то расчет параметров каждой из линий существенно усложняется. И еще больше он усложняется если подача воды по рукавным линиям осуществляется от разных источников.

При создании ГраФиС не удалось обнаружить результатов исследований насосно-рукавных систем подобного типа. Готовые методики их расчета в пожарной охране так же отсутствуют, за исключением расчета для идеального случая, описанного выше. Поэтому в ГраФиС принят собственный подход к расчету НРС при объединении потока.

Основным положением подхода к расчету параметров сбора рукавных линий в ГраФиС является допущение, что подающие рукавные линии имеют одинаковые параметры, т.е. они состоят из одинакового количества рукавов с одинаковыми характеристиками и напор перед входом в каждую из рукавных линий одинаков. При таком подходе параметры рукавных линий ведущих к прибору в котором осуществляется сбор имеют следующие особенности:

- расход воды в каждой из линий одинаков и в сумме составляет расход после сбора потока
- напор в каждой рукавной линии перед сбором равен между собой и равен напору после прибора, в котором происходит сбор за вычетом точечных потерь (если таковые учитываются).

Таким образом, для всех фигур, имеющих несколько точек соединения на вход, действует правило: **Расход через фигуру всегда делится поровну на все подключенные на вход рукавные линии, напор в каждой подключенной на вход рукавной линии принимается напору осле прибора за вычетом точечных потерь напора**. При этом важно понимать, что учитывается

количество не точек подключения, а количество фактически подключенных рукавных линий. То есть в случае, если к фигуре, собирающей поток имеющей две точки соединения, будет подключена всего одна рукавная линия, то расход в ней будет равен расходу после фигуры.

Математически порядок расчета напора на точках входа фигур сбора потока выглядит следующим образом:

$$H_{\text{вс}}^{\text{вх}\,i} = \max\left(H_{\text{вс}}^{\text{вых}\,j}\right) + h_{\text{вс}} \qquad (18)$$

где, $H_{\text{вс}}^{\text{вх}\,i}$ – напор в i-й точке подключения рукавных линий на вход, м; $H_{\text{вс}}^{\text{вых}\,j}$ – напор в j-й точке подключения рукавных линий на выход, м; $h_{\text{вс}}$ – точечные потери напора на разветвлении (свойство «Потери напора (м)»), м.

Расчет расхода на входе в фигуру сбора осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{сб}}^{\text{вх}\,i} = \frac{\sum Q_{\text{сб}}^{\text{вых}\,j}}{n_{\text{сб}}^{\text{вх}}} \qquad (19)$$

где, $Q_{\text{сб}}^{\text{вх}\,i}$ – расход в i-й точке подключения рукавных линий на вход, л/с; $Q_{\text{сб}}^{\text{вых}\,j}$ – расход в j-й точке подключения рукавных линий на выход, л/с; $n_{\text{сб}}^{\text{вх}}$ – количество подключенных на вход рукавных линий

Рассмотрим более подробно определение свойств фигур, позволяющих собирать поток.

Водосборник

Фигура «Водосборник» является единственной фигурой рукавной арматуры, позволяющей осуществлять соединение нескольких рукавных линий в одну.

Параметры водосборника работающего в режиме объединения потока можно просмотреть в свойствах «Расход (л/с)» и «Напор (м)» (рис. 327).

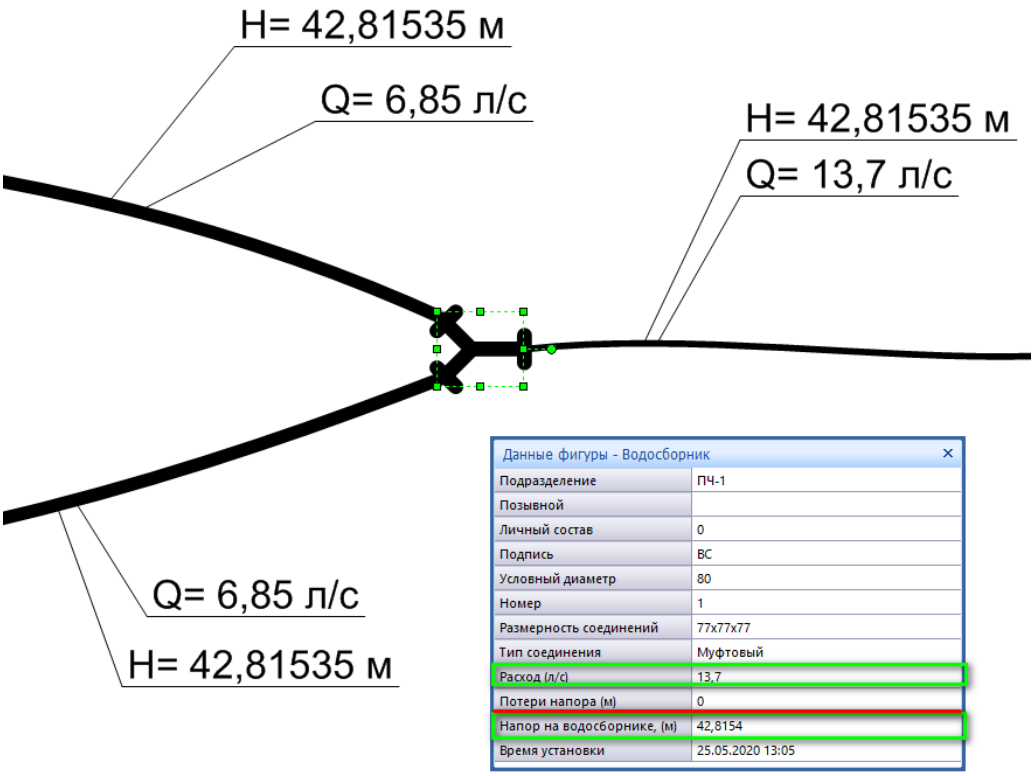


Рисунок 327 - Свойства фигуры «Водосборник» работающей на сбор. Зеленым выделены свойства отражающие параметры НРС на входе в фигуру. Красным выделено свойство «Потери напора (м)»

Стволы с несколькими подключениями.

В разделе п.6.3.2 описывалось определение напора перед приборами подачи ОТВ. Все сказанное, а нем справедливо, но в ГраФиС имеются и некоторые фигуры стволов с несколькими (как правило, двумя) подключениями. Для таких фигур определение напора и расхода в точках подключения осуществляется согласно порядку определения параметров оборудования при сборе рукавных линий описанному выше.

Как видно на изображении Рисунок 328 - расход в рукавных линиях, подающих воду к лафетному стволу равен половине производительности ствола, напор же соответствует требуемому перед стволом.

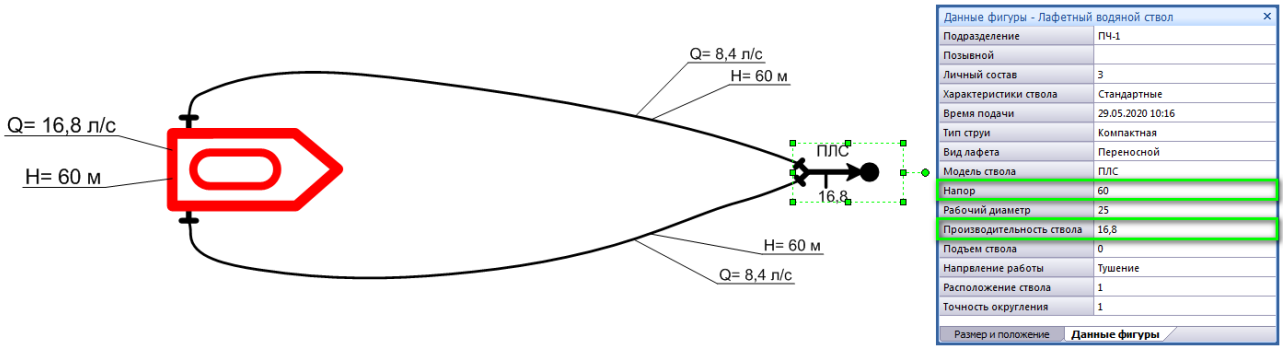


Рисунок 328 - Насосно-рукавная система с использованием лафетного ствола с двумя рукавными соединениями

Две точки подключения имеют фигуры лафетных стволов, а так же фигуры пенных стволов при условии включения соответствующей опции в их контекстном меню.

6.3.3.3. О расчете в ГраФиС напора перед разветвлениями и коллекторами

В пожарной охране Российской Федерации широко распространено заблуждение связанное с якобы существующей потерей напора на разветвлениях равной 10 метрам. Причиной этого заблуждения является неправильное понимание рекомендаций по проведению расчета требуемого напора на насосе МСП.

Если обратиться к Справочнику руководителя тушения пожара 1987 года под авторством В.Иванникова и П.Клюса, то в пояснении к формуле 4.11 на странице 137 можно найти следующую фразу:

> *...при подаче стволов от разветвлений вместо $H_{пр}$ принимают напор у разветвлений на 10м больше напора у стволов ($H_р$=$H_{ст}$+10)*
>
> В.Иванников и П.Клюс
> «Справочник руководителя тушения пожара»
> 1987г. [2]

В том или ином виде данные рекомендации присутствуют в любом литературном источнике, рассматривающем расчет параметров насосно-рукавных систем на пожаре. Читатели, ознакомившиеся с такими источниками поверхностно склонны полагать, что упомянутые 10м на которые следует увеличивать напор перед рукавными разветвлениями, являются точечными потерями напора в рукавных разветвлениях.

В действительности же это не так. На самом деле значение 10м является лишь еще одним упрощением расчета НРС облегчающим его проведение на пожаре и отражающим не точечные потери напора на разветвлении, а заменяющим потери напора в рабочих рукавных линиях, проложенных от разветвления к приборам подачи воды.

Убедиться в справедливости этого утверждения можно обратившись к пояснению формулы 3.9 того же источника:

> *...потери напора в рабочих линиях от разветвления в пределах двух...трех рукавов во всех случаях не превышает 10 м, поэтому напор у разветвления следует принимать на 10 м больше, чем напор у насадка ствола, присоединенного к данному разветвлению*
>
> В.Иванников и П.Клюс
> «Справочник руководителя тушения пожара»
> 1987г. [2]

Аналогичные пояснения можно найти и в большинстве прочих источников.

Таким образом, 10м является просто еще одним допущением, принимаемым при проведении расчетов. В целом проведение проверочных расчетов показывает, что данное утверждение вполне соответствует истине и потери напора в рабочих рукавных линиях состоящих из двух-трех напорных рукавов не превышают 10м.

Однако, анализ описаний пожаров говорит о том, что в реальной обстановке очень часто составляются более сложные и протяженные НРС, состоящие из большего числа напорных рукавов и нескольких последовательно проложенных магистральных рукавных линий, соединяющих несколько разветвлений (рис. 329). Использование замены потерь напора в рукавных линиях постоянным значением в таких случаях может приводить к значительному искажению результатов расчета.

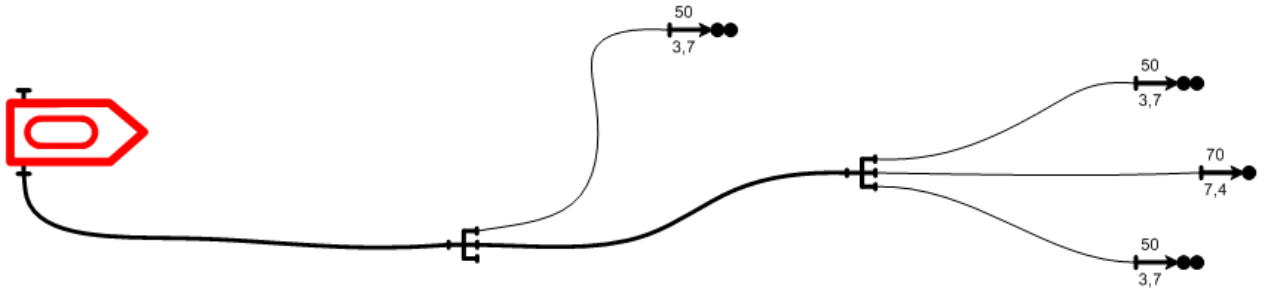


Рисунок 329 - Сложная насосно-рукавная система с насколькими последовательно установленными разветвлениями

Поэтому в ГраФиС такое упрощение расчета насосно-рукавных систем не применяется. Вместо этого рассчитываются потери напора во всех рукавных линиях, отходящих от разветвлений. Напор же на самих разветвлениях при этом принимается максимальному среди них, так как это отражено в формуле ф. 16.

Такой подход дает более точные результаты расчета и при этом позволяет производить вычисления для НРС любой степени сложности с любым количеством и степенью ветвлений.

В случае же если по каким-либо причинам все же необходимо воспроизвести расчет НРС именно с заменой потерь напора в рабочих рукавных линиях значением 10м, то можно воспользоваться следующим способом. Необходимо для всех рабочих рукавных линий проложенных от разветвления установить свойство «Указывать длину явно» в значение «Да» и указать длину рукавной линии 0м. В этом случае, потери напора в рукавной линии рассчитаны не будут. В свойствах же фигуры разветвления следует указать значение «Потери напора (м)» равным 10м (рис. 330).

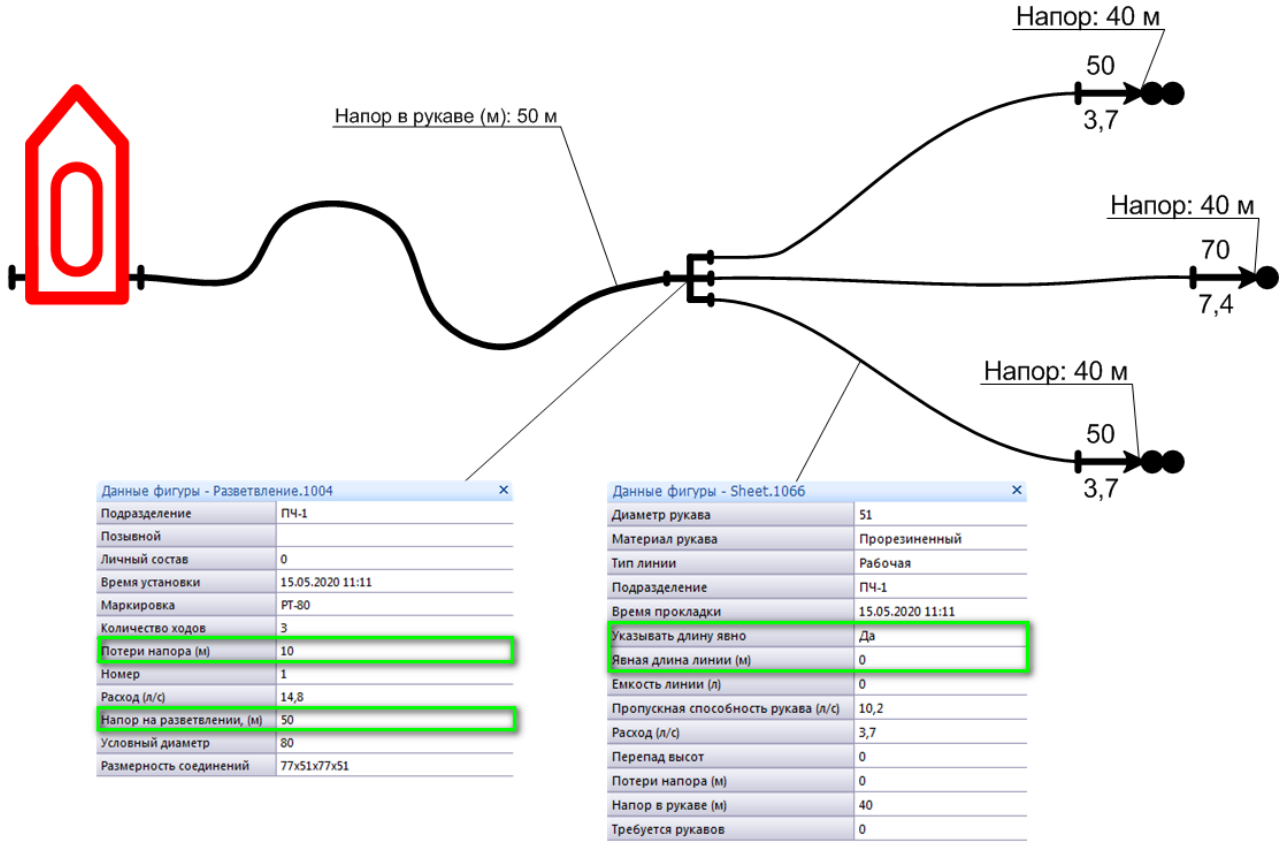


Рисунок 330 - Насосно-рукавная система в которой реализованf замена расчета потерь напора в рабочих рукавных линиях значением 10м

6.3.3.4. Об особенностях расчета параметров пеносмесителей

Переносные пеносмесители это один из типов устройств, предназначенных для получения водного раствора пенообразователя в магистральной линии при заборе пенообразователя из посторонней емкости, применяемого для образования пены в генераторах пены средней кратности.

Пеносмесители конструктивно схожи с гидроэлеваторами и так же являются струйными насосами. Более подробно о их конструктивном устройстве можно прочесть в различных учебных пособиях по пожарной технике, например в учебнике АГПС МЧС России «Пожарная техника» 2004 года под авторством профессора М.Д. Безбородько [29].

При составлении моделей боевых действий за представление пеносмесителей отвечает фигура «Пеносмеситель переносной» входящая в состав трафарета «ПТВ». Ее основными расчетными свойствами являются (рис. 331):

- «Напор воды перед пеносмесителем (м)». Напор в точке подключения напорной рукавной линии «на вход»
- «Расход воды перед смесителем (л/с)». Расход воды в точке подключения напорной рукавной линии «на вход»
- «Расход ПО перед пеносмесителем (л/с)». Расход воды в точке подключения всасывающей рукавной линии «на вход»

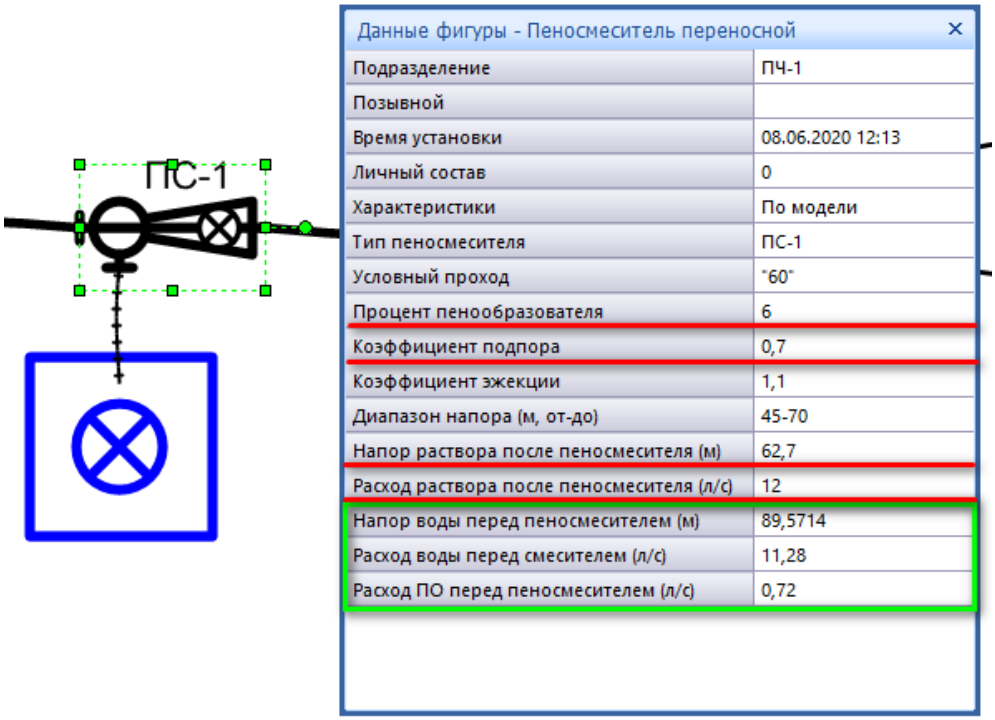


Рисунок 331 - Окно данных фигуры «Пеносмеситель переносной». Зеленым выделены расчетные свойсвтва. Красным - свойства влияющие на их расчет

Свойствами, оказывающими влияние на результаты расчета, являются:

- «Процент пенообразователя». Количество пенообразователя в растворе

– «Коэффициент подпора». Отношение напора после прибора к напору перед прибором. Согласно ТТХ равен 0,7
– «Напор раствора после пеносмесителя (м)». Напор после прибора в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»
– «Расход раствора после пеносмесителя (л/с)». Расход воды в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»

Значения свойств «Расход раствора после пеносмесителя (л/с)» и «Напор раствора после пеносмесителя (м)» зависят от свойств фигуры напорной рукавной линии, подключенной к точке «на выход», которые вычисляются при расчете гидроэлеваторной системы в целом.

Расчет свойства «Расход воды перед смесителем (л/с)» $Q_{\text{ПС}}^{\text{вх}}$ осуществляется следующим образом:

$$Q_{\text{ПС}}^{\text{вх}} = Q_{\text{ПС}}^{\text{вых}} \cdot (100 - K_{\text{ПО}})/100 \qquad (20)$$

где, $Q_{\text{ПС}}^{\text{вых}}$ – расход воды после прибора (свойство «Расход раствора после пеносмесителя (л/с)», л/с; $K_{\text{ПО}}$– процентное содержание пенообразователя в растворе (свойство «Процент пенообразователя»).

Напор перед пеносмесителем $H_{\text{ПС}}^{\text{вх}}$ отражается в свойстве «Напор воды перед пеносмесителем (м)» и вычисляется по следующей формуле:

$$H_{\text{ПС}}^{\text{вх}} = H_{\text{ПС}}^{\text{вых}}/K_{\text{подп}} \qquad (21)$$

где, $H_{\text{ПС}}^{\text{вых}}$ – напор после прибора (свойство «Напор раствора после пеносмесителя (м)», л/с; $K_{\text{подп}}$– коэффициент подпора (свойство «Коэффициент подпора»).

Наконец свойство «Расход ПО перед пеносмесителем (л/с)» $Q_{\text{ПС}-\text{ПО}}^{\text{вх}}$ осуществляется следующим образом:

$$Q_{\text{ПС}-\text{ПО}}^{\text{вх}} = Q_{\text{ПС}}^{\text{вых}} \cdot K_{\text{ПО}}/100 \qquad (22)$$

где, $Q_{\text{ПС}}^{\text{вых}}$ – расход воды после прибора (свойство «Расход раствора после пеносмесителя (л/с)», л/с; $K_{\text{ПО}}$– процентное содержание пенообразователя в растворе (свойство «Процент пенообразователя»).

Следует обратить внимание, что фигура «Пеносмеситель переносной» имеет две группы точек «на вход»: 1 – одна или две точки соединения для подключения напорных рукавов, подающих к пеносмесители воду; 2 – одна

точка соединения для подключения напорно-всасывающих рукавов для забора пенообразователя (рис. 332).

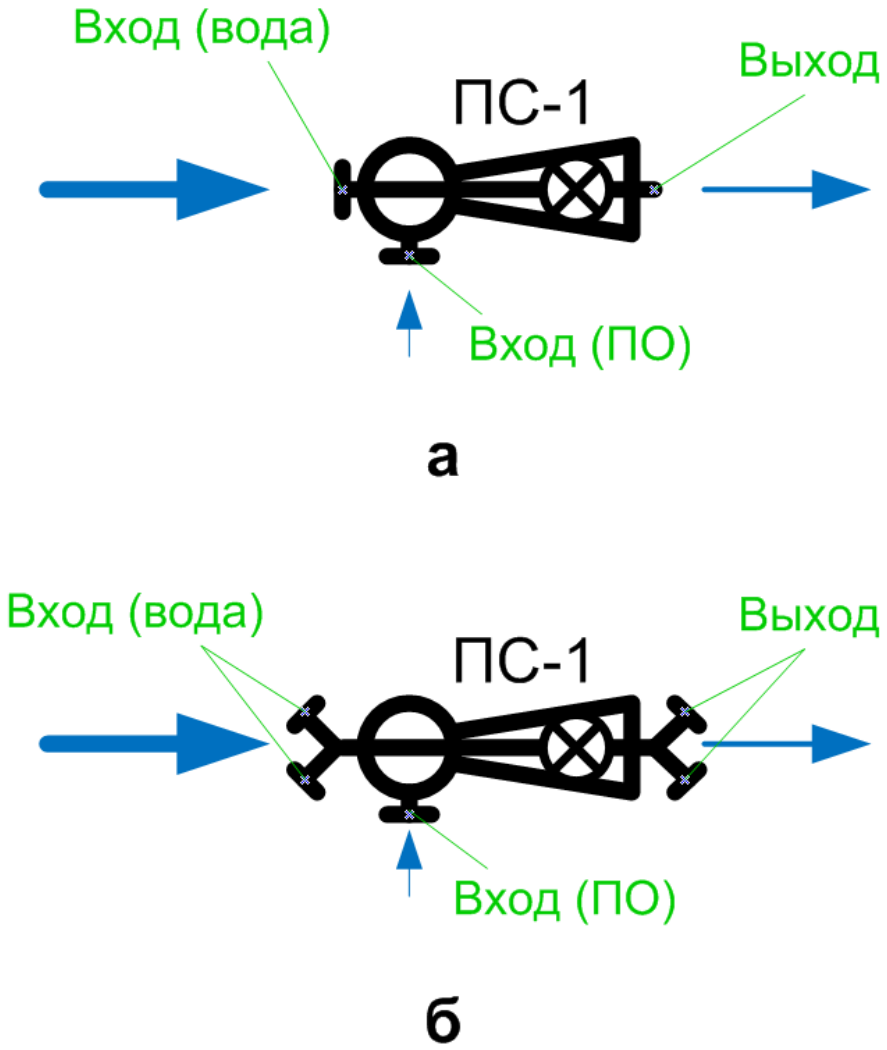


Рисунок 332 - Соединительные точки фигуры «Пеносмеситель переносной». а – одноходовой, б - двухходовой

Переключиться между одноходовым и двухходовым видом пеносмесителя можно воспользовавшись командой контекстного меню «Двухходовой пеносмеситель» (рис. 333).

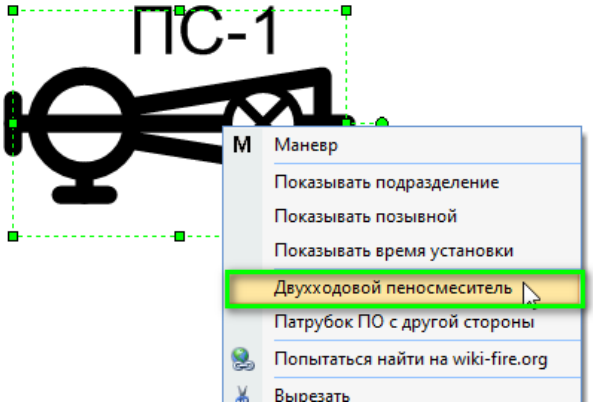


Рисунок 333 - Контекстное меню фигуры «Пеносмеситель переносной». Зеленым выделена команда «Двухходовой пеносмеситель»

На изображении рис. 334 представлена полностью рассчитанная насосно-рукавная система с переносным пеносмесителем.

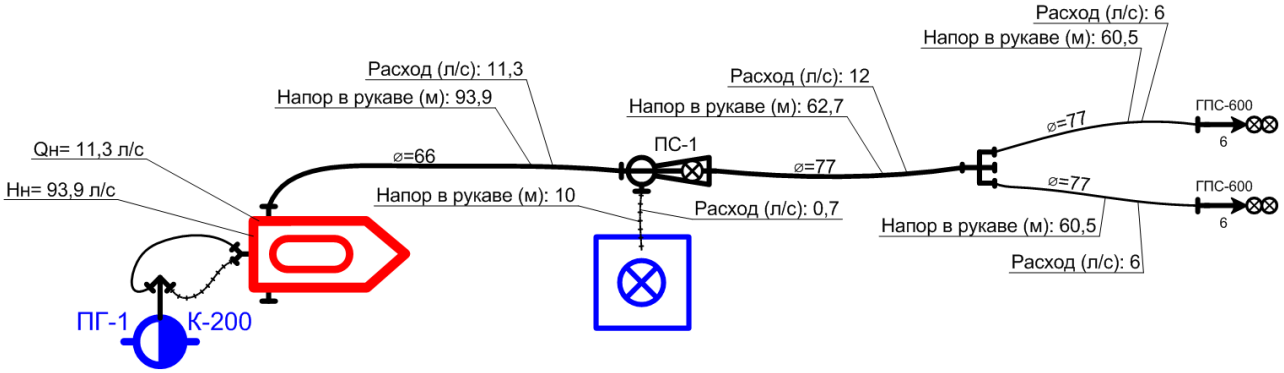


Рисунок 334 - Рассчитанная НРС с переносным пеносмесителем

6.3.3.4. Об особенностях расчета параметров пенных вставок

Пенные вставки являются еще одним типом устройств, предназначенных для получения водного раствора пенообразователя в магистральной рукавной линии. В отличии от переносных пеносмесителей, пенные вставки предназначены для введения пенообразователя под давлением от стороннего источника, в роли которого как правило выступают пожарные автомобили пенного тушения.

Для представления пенной вставки предназначены фигуры, создаваемые при помощи матера «Пенная вставка» трафарета «ПТВ». В соответствии с ТТХ пенная вставка может использоваться как в напорных рукавных линиях (рис. 335, рис. 336), так и во всасывающих (рис. 337).

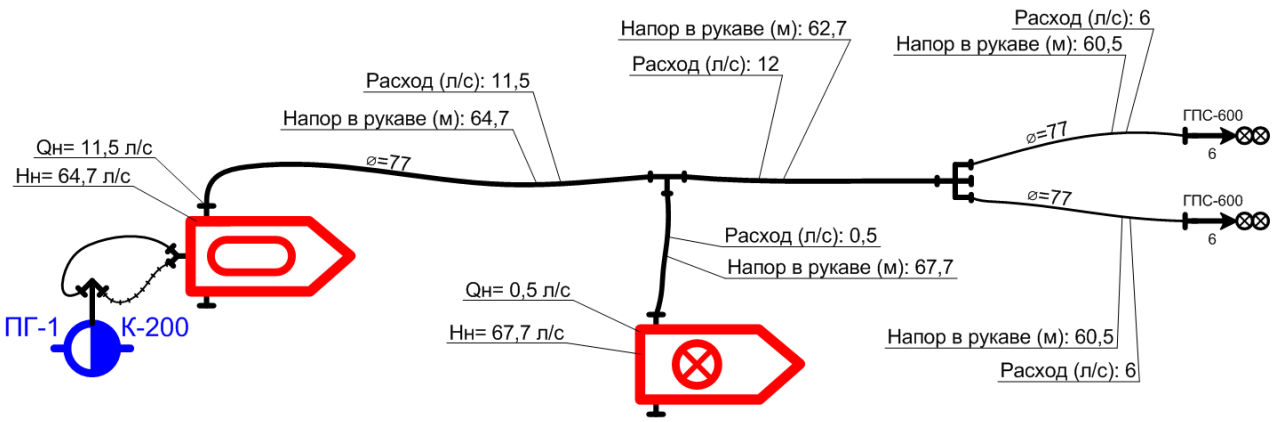


Рисунок 335 - Насосно-рукавная система для подачи генераторов пены средней кратности ГПС-600 с установленной пенной вставкой в магистральной рукавной линии

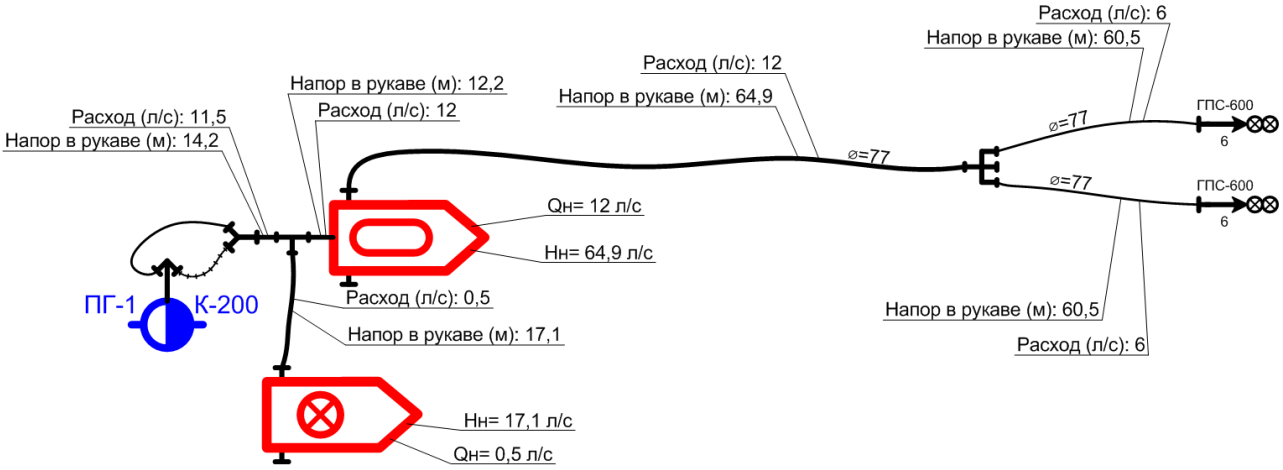


Рисунок 336 - Насосно-рукавная система для подачи генераторов пены средней кратности ГПС-600 с установленной пенной вставкой в напорной рукавной линии между пожарным гидрантом и пожарной автоцистерной

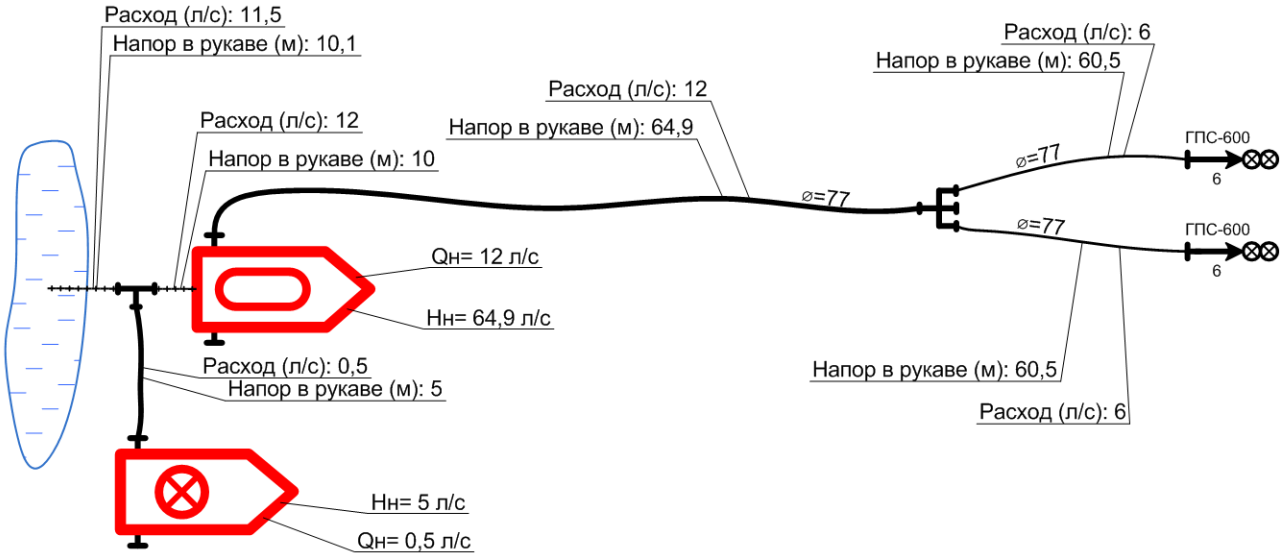


Рисунок 337 - Насосно-рукавная система для подачи генераторов пены средней кратности ГПС-600 с установленной пенной вставкой во всасывающей рукавной линии пожарной автоцистерны

Основными расчетными свойствами фигуры «Пенная вставка» являются (рис. 338):

- «Напор воды перед вставкой (м)». Напор в точке подключения напорной рукавной линии «на вход» подающей воду
- «Расход воды перед вставкой (л/с)». Расход воды в точке «на вход» подключения рукавной линии, подающей воду
- «Напор ПО перед вставкой (м)». Напор в точке «на вход» подключения рукавной линии, подающей пенообразователь
- «Расход ПО перед вставкой (л/с)». Расход пенообразователя в точке подключения рукавной линии «на вход»
- «Разность напоров (м)». Разница между напором пенообразователя и напором раствора пенообразователя после пенной вставки при установке ее в напорной линии и требуемый напор в точке подключения рукавной линии подающей пенообразователь «на вход» при установке вставки во всасывающей линии

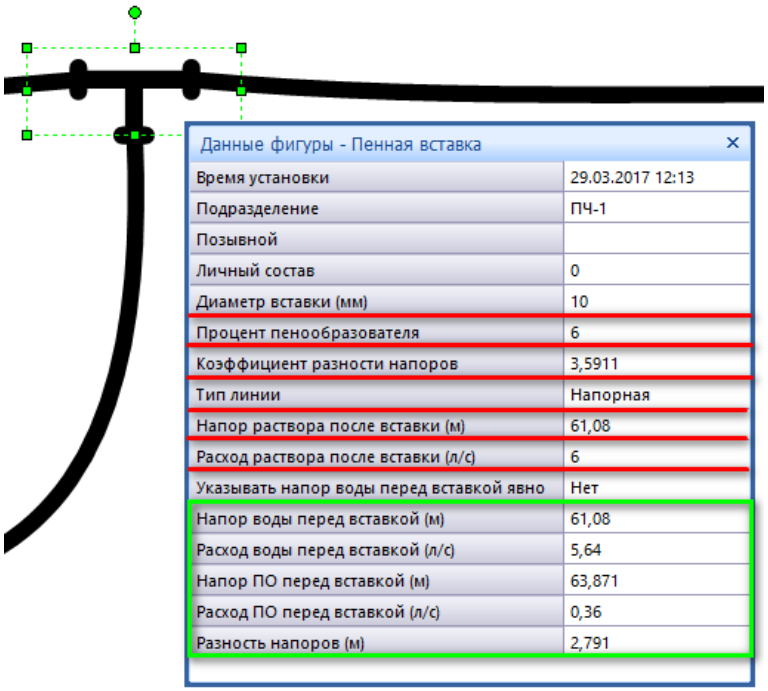


Рисунок 338 - Окно данных фигуры «Пенная вставка». Зеленым выделены расчетные свойсвтва. Красным - свойства влияющие на их расчет

Свойствами, оказывающими влияние на результаты расчета, являются:

- «Диаметр вставки (мм)». Имеет два значения – 10 или 25мм
- «Процент пенообразователя». Количество пенообразователя в растворе (1-6%)

– «Коэффициент разности напоров». Коэффициент расчета свойства «Разность напоров (м)»
– «Тип линии». Указание типа линии, в которой установлена вставка – Напорная или Всасывающая
– «Напор раствора после вставки (м)». Напор после прибора в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»
– «Расход раствора после вставки (л/с)». Расход воды в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»

Значения свойств «Расход раствора после вставки (л/с)» и «Напор раствора после вставки (м)» зависят от свойств фигуры напорной рукавной линии, подключенной к точке «на выход», которые вычисляются при расчете гидроэлеваторной системы в целом.

Значение свойства «Коэффициент разности напоров» зависит от значения свойств «Процент пенообразователя») и «Диаметр вставки (мм)», и забирается из базы данных ГраФиС-Справочник при изменении любого из них. В базе данных эти значения можно найти и при необходимости изменить в форме «Коэффициенты разностей напора пенных вставок» раздела «Пожарно-техническое вооружение» (рис. 339).

Навигация | Коэффициент разности напоров (для рукавных вставок)

Концентрация вставки	При диаметре 10мм	При диаметре 25мм	Изменено
1	21,55255	134,658	29.03.2017 16:29:06
2	10,77717	67,32516	29.03.2017 11:50:34
3	7,180986	44,89014	29.03.2017 11:50:34
4	5,386452	33,6673	29.03.2017 11:50:34
5	4,309672	26,93258	29.03.2017 11:50:34
6	3,591141	22,44378	29.03.2017 11:50:34
			10.06.2020 11:17:37

Рисунок 339 - Раздел «Пожарно-техническое вооружение», форма «Коэффициенты разностей напора пенных вставок» базы ГраФиС-Справочник

На момент написания книги значения коэффициента разности напоров, содержащиеся в базе данных вычислены в соответствии с данными таблицы 7.13 из книги «Пожаротушение (Справочник)» 2012г. [4].

Значение свойства «Разность напоров (м)» Δh вычисляется в соответствии со следующей формулой:

$$\Delta h = \left(\frac{Q_{\text{вст}}^{\text{вых}}}{K_{\text{разн}}}\right)^2 \quad (23)$$

где, $Q_{\text{вст}}^{\text{вых}}$ – расход воды после прибора (свойство «Расход раствора после вставки (л/с)», л/с; $K_{\text{разн}}$– коэффициент разности напоров.

Напор воды перед вставкой принимается равным напору после вставки, т.е.:

$$H_{\text{вст}}^{\text{вх}} = H_{\text{вст}}^{\text{вых}} \quad (24)$$

где, $H_{\text{вст}}^{\text{вх}}$ – напор воды перед вставкой (свойство «Напор воды перед вставкой (м)», м; $H_{\text{вст}}^{\text{вых}}$ – напор раствора после вставки (свойство «Напор раствора после вставки (м)», м.

Значение свойства «Расход воды перед вставкой (л/с)» $Q_{\text{вст}}^{\text{вх}}$ вычисляется в соответствии с выражениями:

$$Q_{\text{вст}}^{\text{вх}} = Q_{\text{вст}}^{\text{вых}} \cdot (100 - K_{\text{ПО}})/100 \quad (25)$$

где, $Q_{\text{вст}}^{\text{вых}}$ – расход воды после прибора (свойство «Расход раствора после вставки (л/с)», л/с; $K_{\text{ПО}}$– процентное содержание пенообразователя в растворе (свойство «Процент пенообразователя»).

Свойство «Расход ПО перед вставкой (л/с)» $Q_{\text{вст}-\text{ПО}}^{\text{вх}}$ осуществляется следующим образом:

$$Q_{\text{вст}-\text{ПО}}^{\text{вх}} = Q_{\text{вст}}^{\text{вых}} \cdot K_{\text{ПО}}/100 \quad (26)$$

Наконец, расчет свойства «Напор ПО перед вставкой (м)» $H_{\text{вст}-\text{ПО}}^{\text{вх}}$ зависит от того, как установлена пенная вставка – в напорной или всасывающей линии:

Для напорных линий (рис. 335, рис. 336)

$$H_{\text{вст}-\text{ПО}}^{\text{вх}} = H_{\text{вст}}^{\text{вх}} + \Delta h \quad (27)$$

Для напорных линий (рис. 337)

$$H_{\text{вст}-\text{ПО}}^{\text{вх}} = \Delta h \quad (28)$$

Фигура «Пенная вставка» может быть, как одноходовой, так и двухходовой (рис. 340). При вычислении параметров в точках подключения рукавных линий «на вход» и «на выход» для двухходовых вставок действует следующие правила:

– расход в точках подключения рукавных линий, подающих воду «на вход» равен между собой и в сумме равен суммарному расходу точек «на выход»
– напор в любой из точек «на вход» равен максимальному значению напора в точках «на выход»

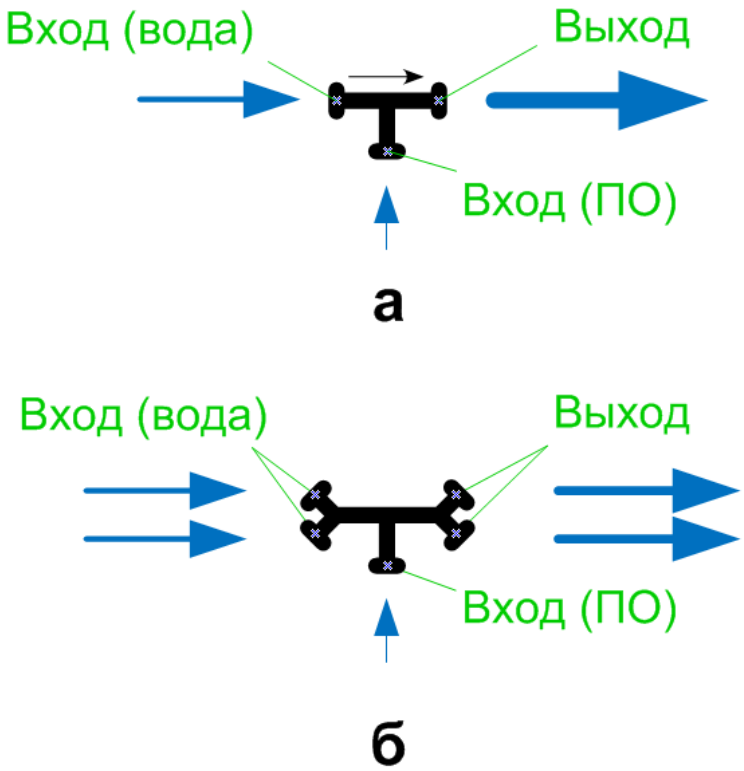


Рисунок 340 - Соединительные точки фигуры «Пенная вставка». а – одноходовая, б - двухходовая

Для переключения вида пенной вставки используется команда контекстного меню «Двухходовая вставка» фигуры «Пенная вставка».

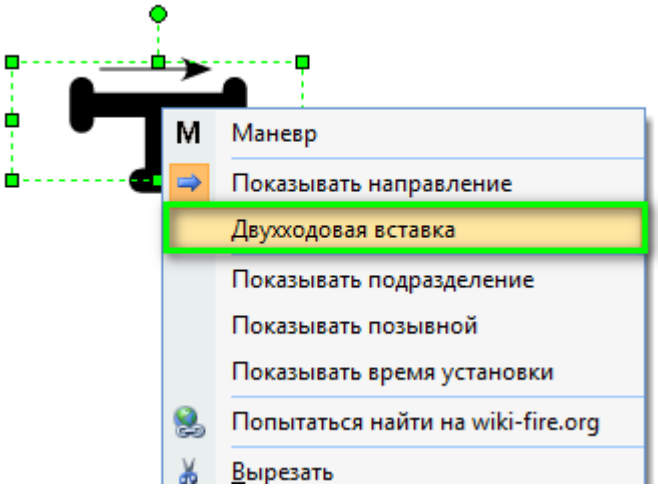


Рисунок 341 - Контекстное меню фигуры «Пенная вставка». Зеленым выделена команда «Двухходовая вставка»

Так же в контекстном меню можно показать направление движения жидкости во вставке, что иногда бывает полезно при составлении моделей насосно-рукавных систем.

6.3.4. Определение параметров работы мобильных средств пожаротушения

6.3.4.1. Напор и производительность насосов мобильных средств пожаротушения

Мобильные средства пожаротушения являются одним из ключевых элементов насосно-рукавных систем. Определение их параметров является одной из задач расчета НРС. Поскольку типов МСП позволяющих подавать воду и(или) раствор пенообразователя существует довольно много, и это не только пожарные автомобили - в ГраФиС так же реализовано большое количество различных МСП которые могут быть использованы при составлении насосно-рукавных систем. Некоторые из них могут только подавать воду. Некоторые так же забирать ее из источников противопожарного водоснабжения. Ниже перечислены фигуры МСП ГраФиС участвующих в составлении НРС:

Пожарные автомобили:

- Пожарные автоцистерны (АЦ)
- Пожарные автомобили первой помощи (АПП)
- Пожарные автомобили насосно-рукавные (АНР)
- Пожарные аэродромные автомобили (АА)
- Пожарные автомобили пенного тушения (АПТ)
- Пожарные автомобили комбинированного тушения (АКТ)
- Пожарные автомобили газоводяного тушения (АГВТ)
- Пожарные автонасосные станции (ПНС)
- Пожарные рукавные автомобили (АР)
- Пожарные автолестницы с цистерной (АЦЛ/АЛЦ)
- Пожарные коленчатые автоподъемники с цистерной (АЦКП/АПКЦ)

Прочие МСП:

- Пожарные поезда
- Пожарные катера и корабли
- Пожарные мотопомпы

Первичным тактическим подразделением пожарной охраны является отделение на основном пожарном (пожарно-спасательном) автомобиле. Как

правило таким пожарным автомобилем является пожарная автоцистерна. Принято считать, что 90% основных пожарных автомобилей, стоящих на вооружении пожарной охраны в Российской Федерации это именно автоцистерны. Поэтому пожарным автоцистернам в пожарной тактике уделено особое внимание. Основная часть расчетов тактических возможностей пожарных отделений проводится именно применительно к этому типу автомобилей.

В ГраФиС пожарным автоцистернам так же уделено значительное внимание, выражающееся среди прочего в большом количестве расчетов различных тактических возможностей отделения на АЦ.

В связи с вышесказанным, рассмотрим порядок определения параметров подачи воды мобильными средствами пожаротушения на примере фигуры пожарной автоцистерны «АЦ».

Данная фигура входит в состав трафарета «Пожарная техника» и является одной из самых часто используемых при составлении моделей боевых действий. Так же она располагает наиболее развитым набором расчетных свойств среди всех аналогичных.

Фигура «АЦ» всего имеет 9 точек соединения – 4 на вход и 5 на выход (рис. 342). На подачу работают точки соединения на напорных патрубках – 4 точки (2 пары). На вход работают: 2 точки в центре фигуры, предназначенные для подключения напорных рукавных линий при заправке автоцистерны непосредственно в емкость; 2 точки на водосборнике используемые при заборе воды от гидрантов через пожарные колонки или при заправке автоцистерны в полость насоса; 1 точка в основании фигуры, предназначенный для подключения всасывающих рукавов при заборе воды из открытых водоисточников.

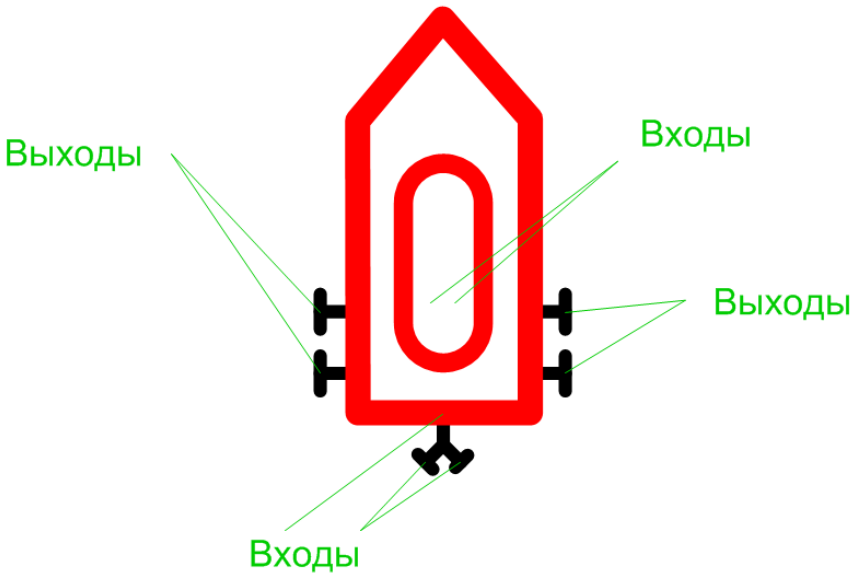


Рисунок 342 - Соединительные точки фигуры «АЦ»

Показать или скрыть напорные патрубки и водосборник можно воспользовавшись контекстным меню фигуры «АЦ» (рис. 343). Опция «Показывать дополнительные патрубки» видима только в том случае, если опция «Показывать патрубки» включена. При скрытии напорных патрубков их соединительные точки перемещаются к контуру фигуры.

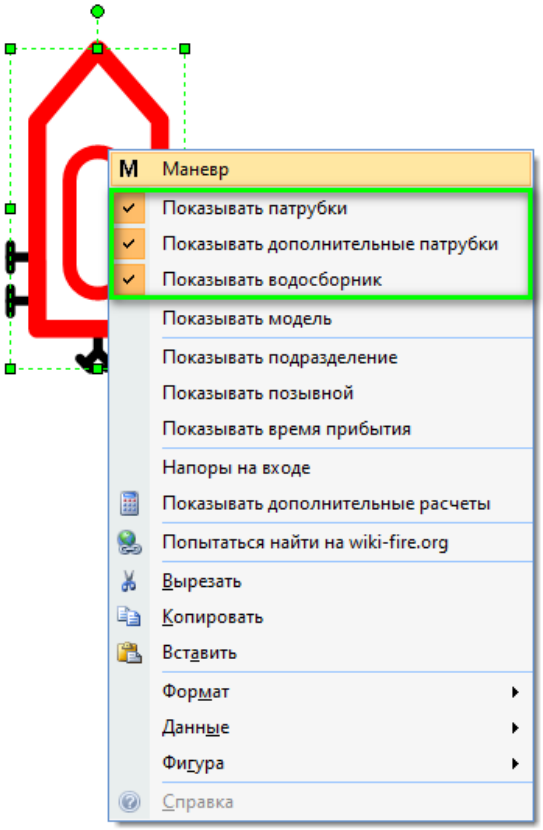


Рисунок 343 - Контекстное меню фигуры «АЦ». Зеленым выделены команды отображения патрубков и водосборника

Основными свойствами фигур МСП используемыми для определения параметров подачи воды являются «Требуемая подача воды» и «Требуемый напор».

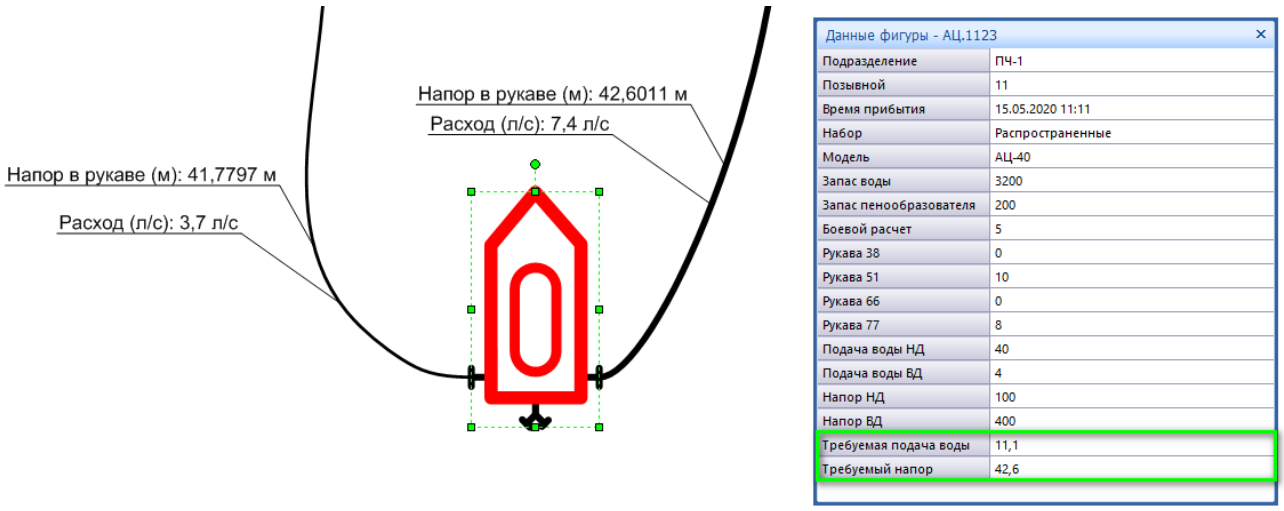


Рисунок 344 - Окно «Данные фигуры» фигуры «АЦ». Зеленым выделены свойства расчета НРС

«Требуемая подача воды» определяется как сумма расходов во всех напорных рукавных линиях, подключенных на подачу (к напорным патрубкам). Рассчитывается по формуле ф. 17 – аналогично для рукавных разветвлений.

«Требуемый напор» определяется как максимальное значение напора на входах в рабочие рукавные линии, подключенные к напорным патрубкам, и рассчитывается по формуле ф. 16.

Согласно принятой в пожарной тактике методике при перекачке из насоса в насос на конце рукавной линии (при входе во всасывающую полость следующего насоса) необходимо поддерживать напор не менее 10м, при перекачке из насоса в емкость МСП – не менее 3,5-4 м [1, стр.69]. Исходя из этого при определении напоров в напорных рукавах, ведущих к точкам соединения, используются значения, показанные в окне «Напоры на входе» (Рисунок 345 -).

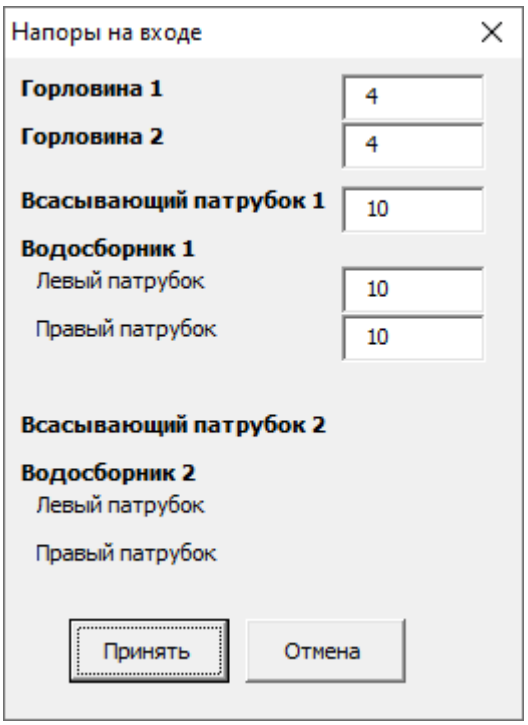


Рисунок 345 - Окно «Напоры на входе»

Данное окно может быть вызвано при помощи одноименной команды контекстного меню фигуры «АЦ» (рис. 343). В этом окне пользователь может не только просмотреть текущие используемые в расчете значения, но и при надобности изменить их. Видимые поля для ввода значений могут варьироваться. Например, для фигур «АГВТ» видимы все поля, т.к. МСП располагает двумя водосборниками. Для фигур «АЦ» видны поля только для одного водосборника.

Расходы в рукавах, подключенных к точкам входа (горловина емкости, водосборник и всасывающий патрубок) определяются по формуле ф. 19 - аналогичной для фигур, собирающих поток. То есть значение свойства «Требуемая подача» делится поровну на все точки соединения, к которым подключены напорные рукава (Рисунок 346 -).

На изображении рис. 346 представлен пример НРС в которой к АЦ подается вода по напорной рукавной линии в горловину и забирается вода от пожарного гидранта посредством пожарной колонки, напорного и напорно-всасывающего рукавов. Можно обратить внимание, что расходы во всех подающих воду рукавных линиях равны между собой и составляют 3,7 л/с, а напоры – в рукавной линии, ведущей в горловину равен 4м, в рукавных линиях, ведущих к водосборнику по 10м.

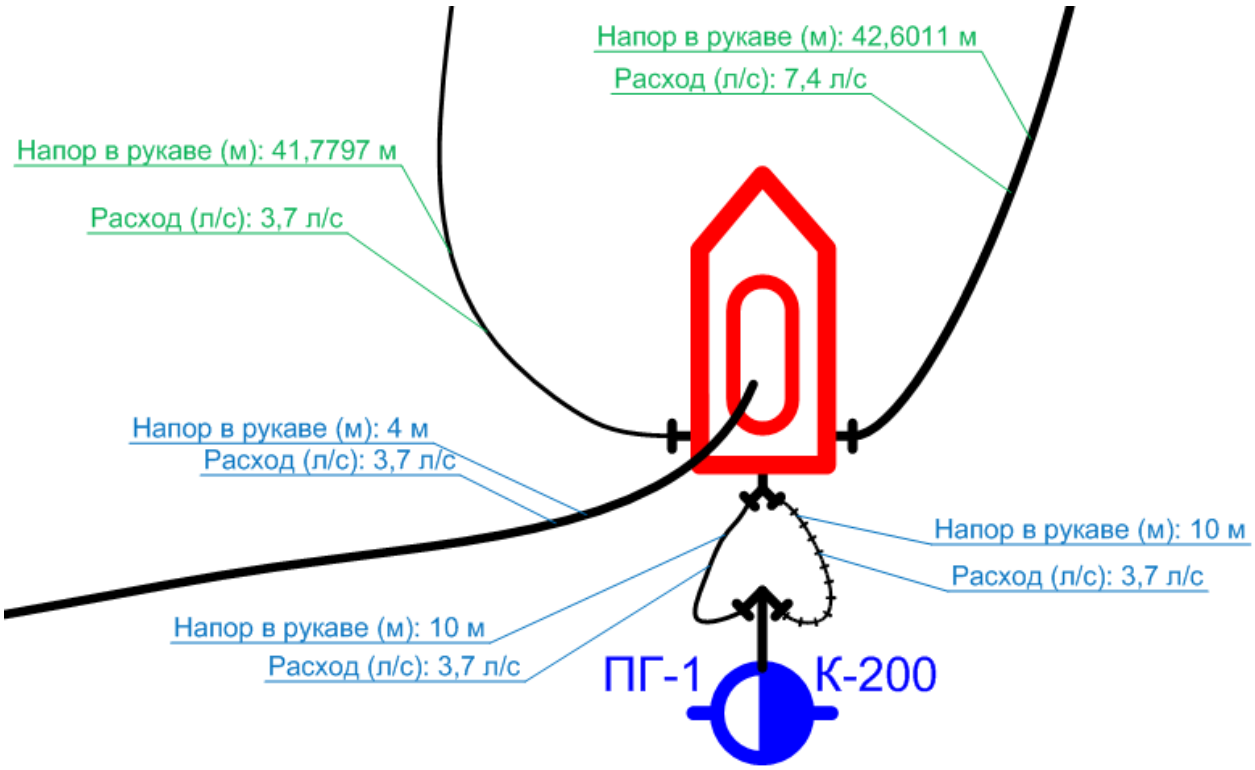


Рисунок 346 - Свойства рукавных линий по которым вода поступает в АЦ (голубой цвет подписи) и по которым подается ей далее (зеленый цвет подписи)

6.3.4.2. Расчет объема раствора пенообразователя, который можно получить от емкостей пожарных автоцистерн

Фигура «Пожарная автоцистерна» («АЦ») помимо основных имеет скрытые свойства «Концентрация пенообразователя» и «Объем раствора» (Рисунок 347 -).

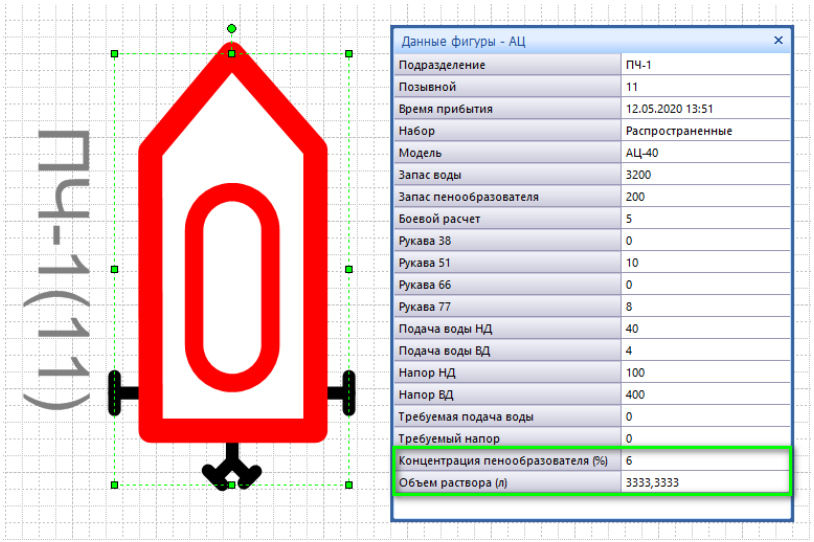


Рисунок 347 - Свойства фигуры «Пожарная автоцистерна». Выделены свойства «Концентрация пенообразователя» и «Объем раствора»

Для отображения этих свойств в окне «Данные фигуры» следует воспользоваться опцией «Показывать дополнительные расчеты» всплывающего меню фигуры «АЦ».

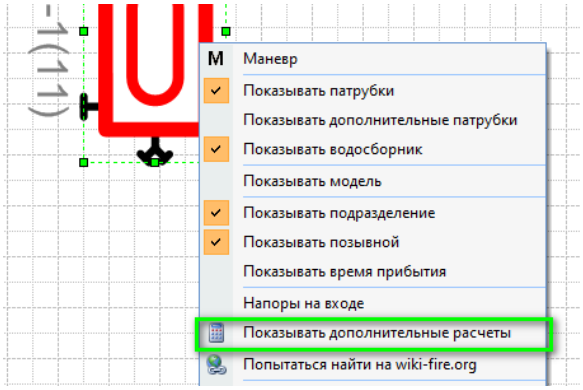


Рисунок 348 - Опция «Показывать дополнительные расчеты» всплывающего меню фигуры «АЦ»

Свойство «Объем раствора» отражает объем пенообразователя, который можно получить от емкостей автоцистерны. Процентное содержание пенообразователя в растворе содержится в свойстве «Концентрация пенообразователя».

Расчет объема пенообразователя выполняется следующим образом:

1. Определяется отношение воды к пенообразователю $K_{\text{В}}$ в растворе с указанной концентрацией:

$$K_{\text{В}} = \frac{100 - K_{\text{ПО}}^{\text{Р}}}{K_{\text{ПО}}^{\text{Р}}} \tag{28.1}$$

где, $K_{\text{ПО}}^{\text{Р}}$ – концентрация пенообразователя в растворе, %. Свойство «Концентрация пенообразователя».

2. Определяется отношение воды к пенообразователю в емкостях автоцистерны $K_{\text{Ф}}$, %:

$$K_{\text{Ф}} = \frac{V_{\text{В}}}{V_{\text{ПО}}} \tag{28.2}$$

где, $V_{\text{В}}$ – объем воды в емкости АЦ. $V_{\text{ПО}}$ – объем пенообразователя в емкости АЦ.

3. Определяется фактический объем раствора пенообразователя $V_{\text{Р}}$, который может быть получен при заданных условиях:

$$Если\ K_{\text{В}} > K_{\text{Ф}}$$

$$V_{\text{Р}} = \frac{V_{\text{В}}}{100 - K_{\text{ПО}}^{\text{Р}}} \cdot 100 \tag{28.3}$$

$$Если\ K_{\text{В}} \leq K_{\text{Ф}}$$

$$V_{\text{Р}} = \frac{V_{\text{ПО}}}{K_{\text{ПО}}^{\text{Р}}} \cdot 100 \tag{28.4}$$

В случае, если АЦ установлена на водоисточник расчет проводится по формуле (ф. 28.4).

6.3.5. Получение сведений о параметрах источников наружного противопожарного водоснабжения

В ГраФиС реализована большая часть встречающихся источников противопожарного водоснабжения. Мастера фигур источников объединены в трафарете «Водоснабжение». В целом фигуры достаточно просты и свойства большинства из них просто указываются явным образом. В дальнейшем значения свойств учитываются при проведении расчета насосно-рукавных систем.

Исключением является фигура, отражающая пожарный гидрант – «ПГ». При тушении большинства пожаров в городской застройке в качестве источников наружного противопожарного водоснабжения чаще всего используются именно пожарные гидранты. Кроме того, пожарные гидранты являются элементом достаточно сложного инженерного сооружения – системы питьевого водоснабжения – что накладывает определенные особенности на их использование. Поэтому фигурам пожарных гидрантов в ГраФиС уделено особое внимание.

Основным свойством, характеризующим пожарный гидрант в рамках расчета НРС является «Водоотдача сети (л/с)» (рис. 349).

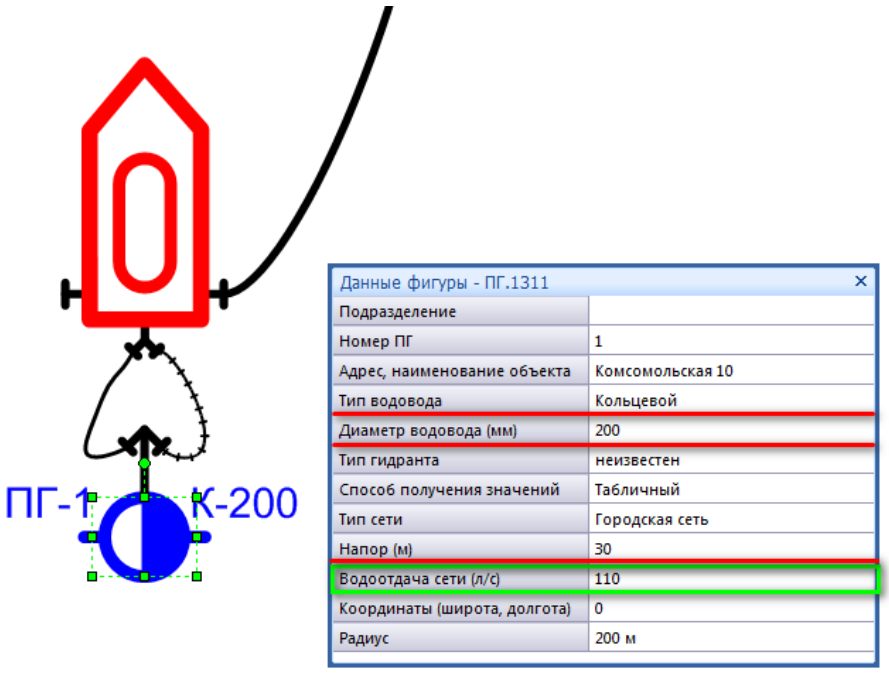


Рисунок 349 - Окно данных фигуры «ПГ» при табличном способе получения значений. Зеленым выделено свойство «Водоотдача сети (л/с)». Красным выделены свойства влияющие на него

В ГраФиС реализовано три способа получения (указания) значения водоотдачи сети:

- табличный
- расчетный
- явный

При **табличном способе** значение свойства «Водоотдача сети (л/с)» забирается из базы данных ГраФиС-Справочник в соответствии со значениями свойств «Тип водовода», «Диаметр водовода (мм)» и «Напор (м)». Перерасчет свойства осуществляется всякий раз при изменении указанных свойств. Значения соответствуют приведенным в таблице табл. 4 [2, таб. 4.1.].

Таблица 4 - Водоотдача водопроводных сетей

Напор в сети, м	Вид водопроводной сети	Водоотдача водопроводной сети, л/с, при диаметре трубы, мм						
		100	125	150	200	250	300	350
10	Тупиковая	10	20	25	30	40	55	65
	Кольцевая	25	40	55	65	85	115	130
20	Тупиковая	14	25	30	45	55	80	90
	Кольцевая	30	60	70	90	115	170	195
30	Тупиковая	17	35	40	55	70	95	110
	Кольцевая	40	70	80	110	145	205	235
40	Тупиковая	21	40	45	60	80	110	140

	Кольцевая	45	85	95	130	185	235	280
50	Тупиковая	24	45	50	70	90	120	160
	Кольцевая	50	90	105	145	200	265	325
60	Тупиковая	26	47	55	80	110	140	190
	Кольцевая	52	95	110	163	225	290	380
70	Тупиковая	29	50	65	90	125	160	210
	Кольцевая	58	105	130	182	255	330	440
80	Тупиковая	32	55	70	100	140	180	250
	Кольцевая	64	115	140	205	287	370	500

Просмотреть и изменить эти значения можно в форме «Водоотдача водопроводных сетей» раздела «Противопожарное водоснабжение» базы данных ГраФиС-Справочник (рис. 350).

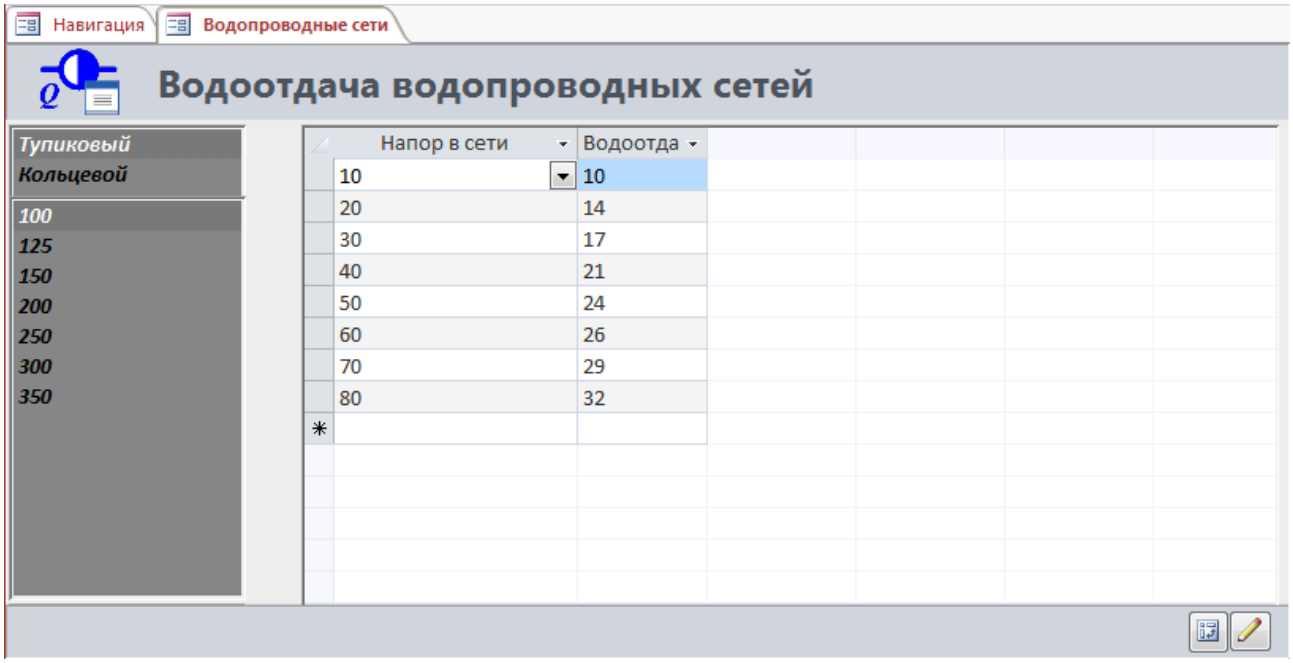


Рисунок 350 - Раздел «Противопожарное водоснабжение», форма «Водоотдача водопроводных сетей» базы ГраФиС-Справочник

Визуально свойства фигуры «ПГ» можно определить из подписи фигуры (рис. 351).

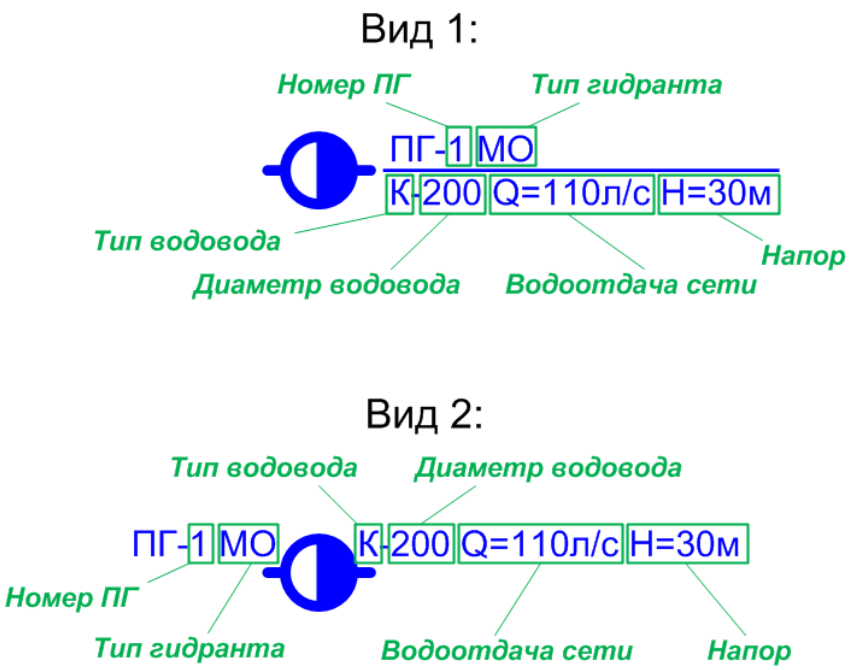


Рисунок 351 - Представление свойств фигуры пожарного гидранта в фигуре при размещении на рабочем листе

Состав подписи фигуры «ПГ» можно изменить, воспользовавшись командами «Показывать тип сети», «Показывать тип водовода», «Показывать водоотдачу» и «Показывать напор» контекстного меню (рис. 352).

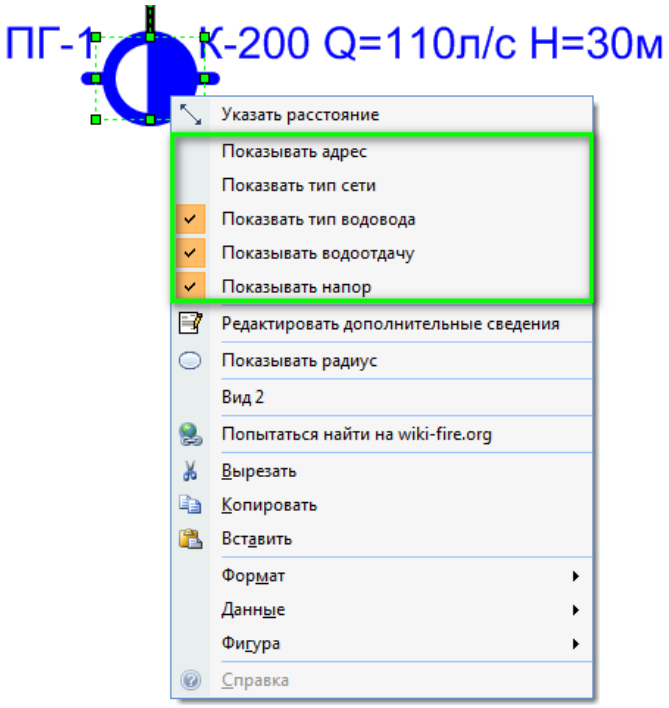


Рисунок 352 - Всплывающее меню фигуры «ПГ»

В некоторых населенных пунктах Российской Федерации можно встретить пожарные гидранты с нестандартными параметрами – не отраженными в справочной литературе и отсутствующими в таблице табл. 4. В таких случаях

следует прибегнуть к **расчетному методу** определения водоотдачи. Для этого в свойстве «Способ получения значений» следует указать «Расчетный».

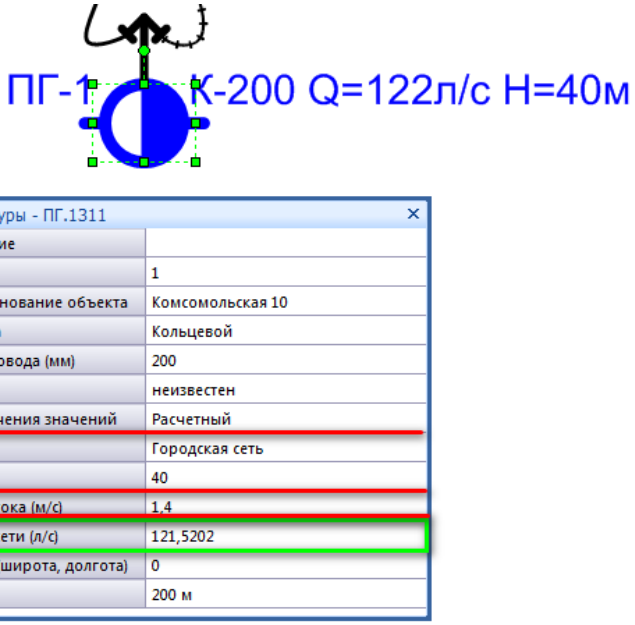


Рисунок 353 - Окно данных фигуры «ПГ» при расчетном способе получения значений водоотдачи сети. Зеленым выделено свойство «Водоотдача сети (л/с)». Красным выделены свойства влияющие на него

Расчет осуществляется в соответствии с расчетной методикой изложенной в [2, п.4.1]. Исходными данными для расчета являются свойства «Напор» и «Скорость потока (м/с)». Значение свойства «Напор» указывается пользователем явно. Значение же свойства «Скорость потока (м/с)» принимается согласно данным из таблицы табл. 5

Таблица 5 - Скорость движения воды по трубам

Напор в сети, м	Скорость движения воды, м/с, при диаметре трубы, мм							
	<100	100	125	150	200	250	300	>300
<10	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9
10	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9
20	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0
30	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2
40	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3
50	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4
>50	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4

Расчет значения свойства «Водоотдача сети (л/с)» для кольцевых сетей $Q_{\text{в}}^{\text{к}}$ осуществляется по формуле:

$$Q_{\text{в}}^{\text{к}} = \left(v_{\text{в}} \cdot \frac{d'}{25.4}\right)^2 \qquad (28.7)$$

где, $v_{\text{в}}$ – скорость движения воды по трубам (свойство «Скорость потока (м/с)», м/с; d' – диаметр водовода, дюймы.

Расчет значения свойства «Водоотдача сети (л/с)» для тупиковых сетей $Q_{\text{в}}^{\text{т}}$ осуществляется по формуле:

$$Q_{\text{в}}^{\text{т}} = 0{,}5 \cdot \left(v_{\text{в}} \cdot \frac{d'}{25.4} \right)^2 \qquad (28.6)$$

где, $v_{\text{в}}$ – скорость движения воды по трубам (свойство «Скорость потока (м/с)», м/с; d' – диаметр водовода, дюймы.

Наконец, если по каким-либо причинам следует указать точное значение водоотдачи сети безотносительно прочих свойств фигуры «ПГ», сделать это можно указав значение водоотдачи **явным образом**. Для этого следует для свойства «Способ получения значений» указать значение «Явный» (рис. 354).

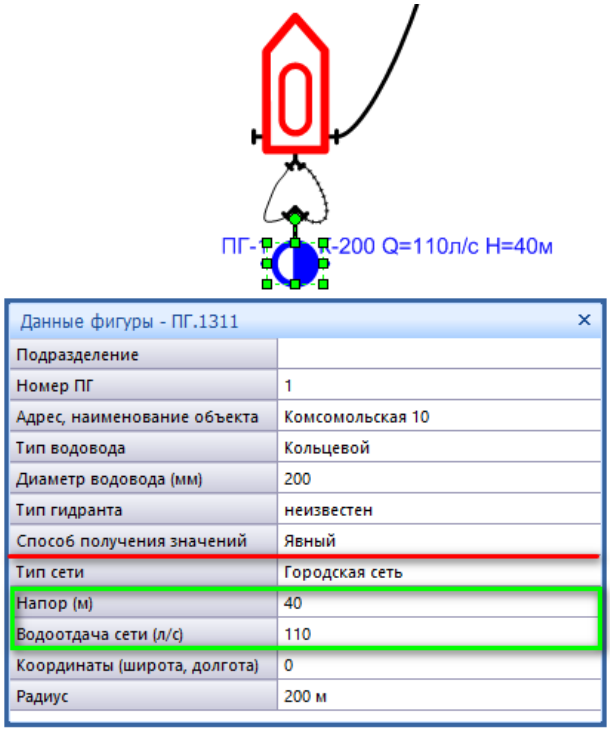


Рисунок 354 - Указание напора и водоотдачи водопроводной сети на которой установлен ПГ явным образом

6.3.6. Расчет параметров устройств забора воды

Устройствами забора воды из сторонних водоисточников – естественных и искусственных – в ГраФиС являются:

– Пожарные колонки

– Всасывающие сетки
– Всасывающие и напорно-всасывающие рукава
– Гидроэлеваторы

Фигуры устройств забора воды (кроме рукавных линий) имеют общее свойство «Осуществляется забор». Это свойство может принимать логические значения – Да/Нет. Значение «Да» говорит о том, что при помощи данного устройства осуществляется забор воды – в этом случае устройство и его свойства учитываются, при анализе НРС в целом. Например, при значении «Да» свойства «Осуществляется забор» фигуры «Пожарная колонка» при анализе НРС время работы системы будет бесконечным, т.к. запас воды в системе водопровода рассматривается как бесконечный.

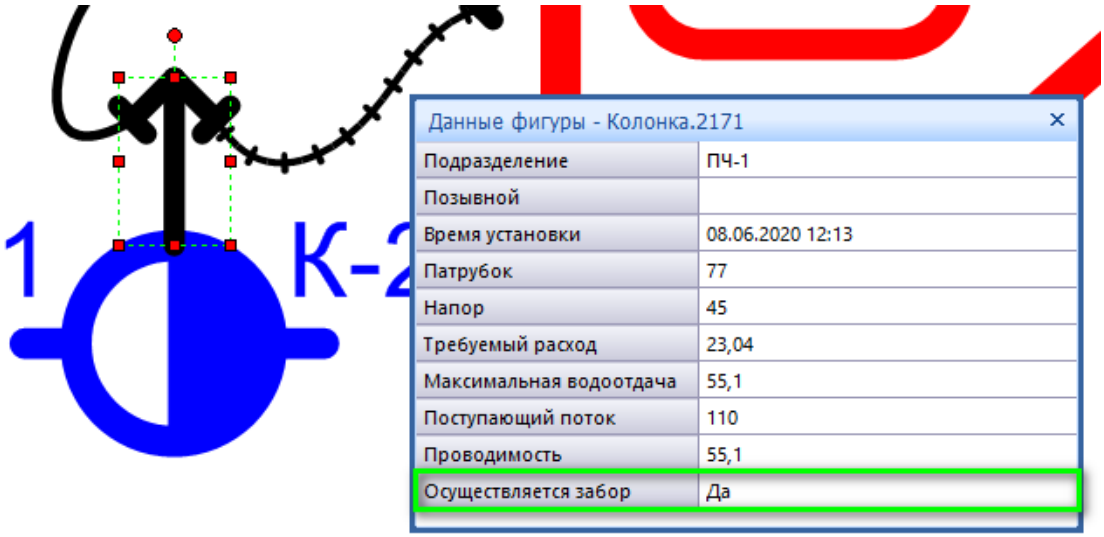


Рисунок 355 - Свойство «Осуществляется забор» фигуры «Пожарная колонка»

Всасывающие сетки и гидроэлеваторы при размещении на рабочем листе автоматически проверяют не были ли они размещены в пределах фигур естественных или искусственных водоемов и если это так, то получают на них скрытую ссылку (не видимую пользователем). При анализе НРС в таких случаях учитывается запас воды в водоемах.

Значение свойства «Осуществляется забор» изменяется автоматически при перемещении фигур. В случае, если фигуры пожарных колонок размещены в точке установки на пожарных гидрантах, а фигуры гидроэлеваторов или всасывающих сеток в пределах водоемов свойству «Осуществляется забор» автоматически присваивается значение «Да», в противном случае – «Нет».

6.3.6.1. Пожарные колонки

Фигуры «Колонка» представляют одноименное устройство для забора воды из пожарных гидрантов. Мастер фигуры входит в состав трафарета «ПТВ».

Основными определяемыми свойствами фигуры «Колонка» являются: «Максимальная водоотдача» и «Проводимость» (рис. 356).

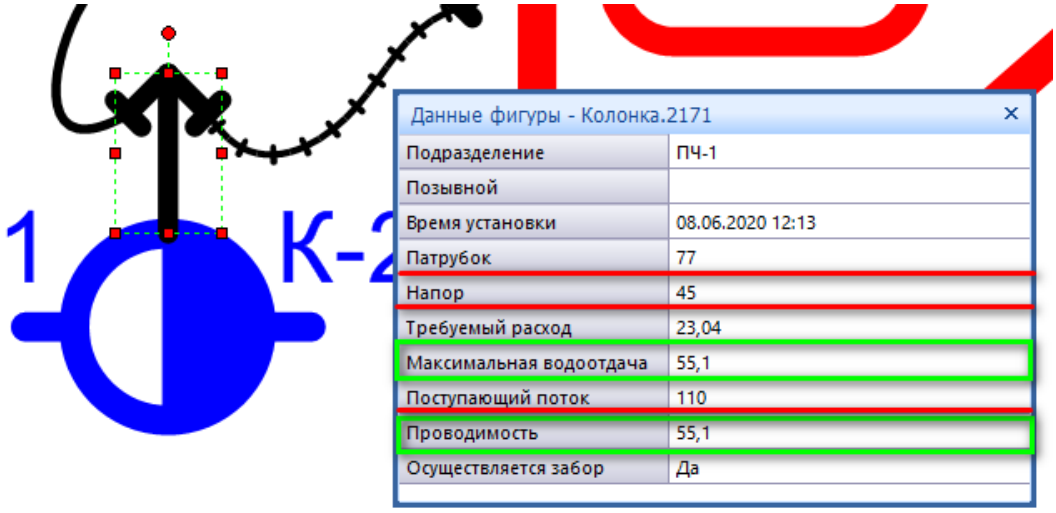


Рисунок 356 - Окно данных фигуры «Колонка». Зеленым выделены расчетные свойства. Красным выделены свойства влияющие на них

Определяющими свойствами фигуры «Колонка» являются:

- «Патрубок». Диаметр патрубков колонки. Может принимать значения 66 или 77мм
- «Напор». Напор на колонке. При подключении колонки к фигуре «Пожарный гидрант» принимает ссылку на значение свойства «Напор» гидранта
- «Поступающий поток». Расход воды получаемой пожарной колонкой от пожарного гидранта. При подключении колонки к фигуре «Пожарный гидрант» принимает ссылку на значение свойства «Водоотдача сети (л/с)» гидранта

Свойство «Проводимость» отражает значение максимальной проводимости колонки как устройства, т.е. тот максимальный расход воды, который можно получить от колонки при достаточном напоре в пожарном гидранте. Значение проводимости забирается из базы данных ГраФиС-Справочник в соответствии со значениями свойств «Патрубок» и «Напор». Просмотреть и отредактировать значения этого свойства в базе данных можно в форме «Пожарные колонки» раздела «Пожарно-техническое вооружение» (рис. 357).

Навигация | Колонки

Производительности пожарных колонок

Напор	Патрубок 66мм	Патрубок 77мм
10	16,6	26,3
15	20,3	32
20	23,5	37,1
25	26,3	41,5
30	28,8	45,5
35	31	49
40	33,3	52,3
45	35,3	55,1
50	37,1	58,5

Рисунок 357 - Форма«Пожарные колонки» раздела «Пожарно-техническое вооружение»

Свойство «Максимальная водоотдача» показывает какую максимальную водоотдачу можно получить от данной колонки, установленной на пожарный гидрант с определенными свойствами напора и водоотдачи. В случае если водоотдача от пожарного гидранта меньше проводимости колонки, то значение свойства «Максимальная водоотдача» равно значению свойства «Проводимость», в противном случае – значению свойства «Поступающий поток». Другими словами, значение свойства «Максимальная водоотдача» $Q_{\text{Кол}}^{\text{Отд}}$ равно минимальному из значений свойств:

$$Q_{\text{Кол}}^{\text{Отд}} = \min\left(Q_{\text{Кол}}^{\text{пров}}, Q_{\text{Кол}}^{\text{вх}}\right) \qquad (29)$$

где, $Q_{\text{Кол}}^{\text{пров}}$ – проводимость колонки (свойство «Проводимость»), л/с; $Q_{\text{Кол}}^{\text{вх}}$ – расход воды на входе в колонку – поступающий от пожарного гидранта (свойство «Поступающий поток»), л/с

В случае, если значение свойства «Максимальная водоотдача» меньше значения свойства «Требуемый расход» цвет фигуры колонки становится красным, что говорит о том, что такая НРС не сможет обеспечить корректную работу длительное время (рис. 358).

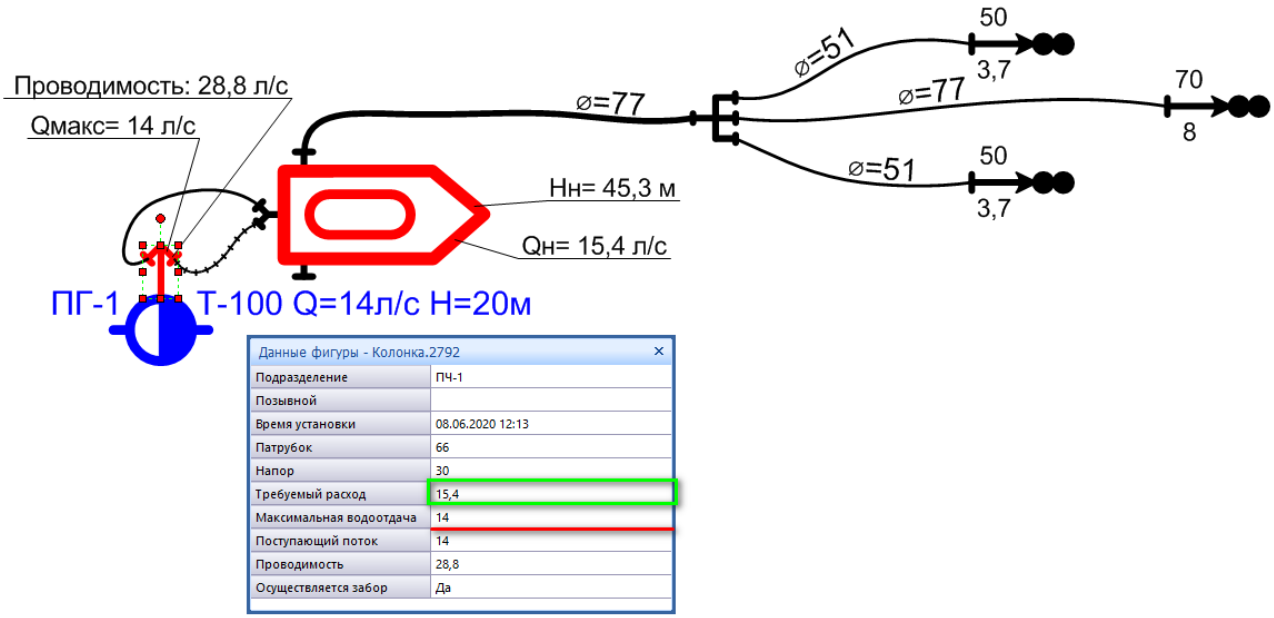


Рисунок 358 - Максимальная водоотдача колонки (14л/с) меньше требуемого расхода (15,4л/с)

6.3.6.2. Всасывающие и напорно-всасывающие рукавные линии

Всасывающие и напорно-всасывающие линии являются особым видом рукавных линий, предназначенным для забора воды (преимущественно) насосами МСП из сторонних емкостей. В отличие от прочих устройств забора воды всасывающие и напорно-всасывающие линии не имеют свойства «Осуществляется забор», так как не являются самостоятельными элементами НРС, а предназначены для связывания других фигур.

Так, например, при помощи всасывающих рукавов осуществляется забор воды из промежуточных емкостей (рис. 359, а), а при помощи напорно-всасывающих осуществляется подключение к точкам соединения пожарной колонки (рис. 359, б).

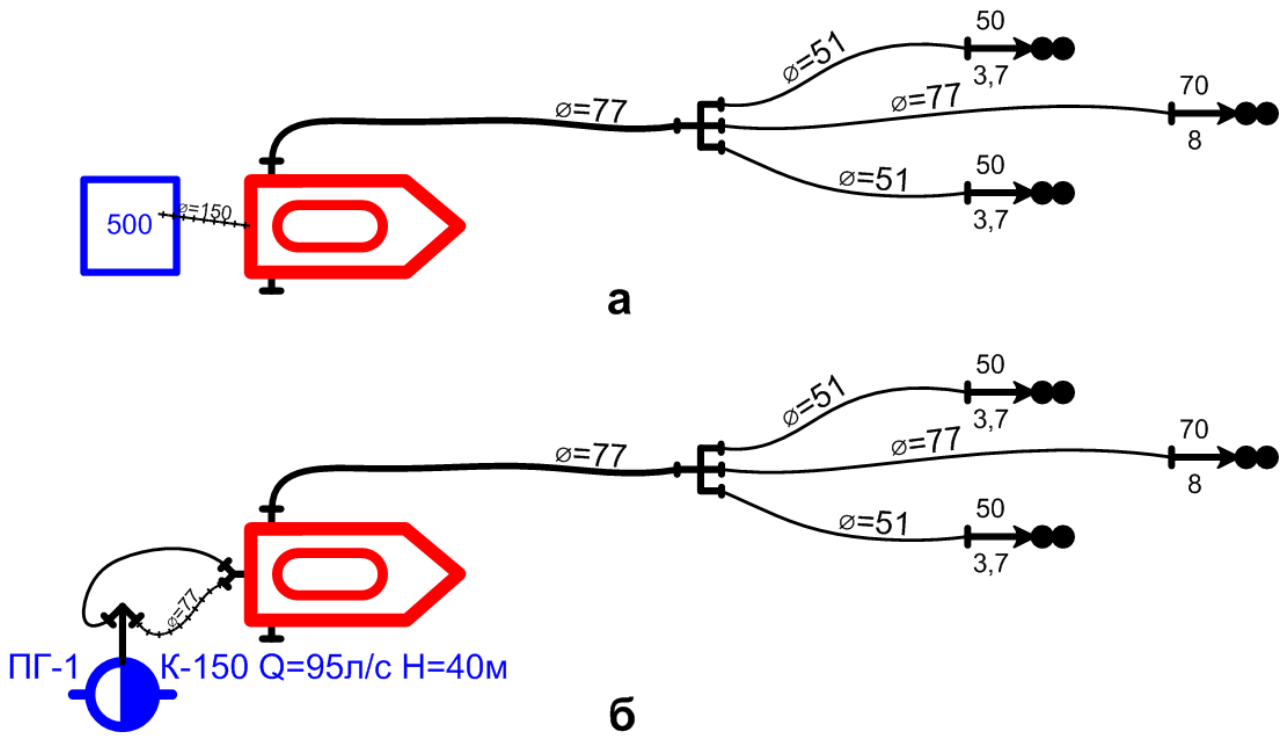


Рисунок 359 - Наиболее типичные насосно-рукавные системы с использованием всасывающих и напорно-всасывающих рукавов. а – забор воды всасывающими рукавами из промежуточной емкости, б – подключение к пожарной колонке с использованием напорного и напорно-всасывающего рукава

Всасывающие и напорно-всасывающие рукавные линии в отличии от напорных линий подключаются к точкам соединения МСП «на вход», т.е. к водосборнику или всасывающему патрубку.

Свойства всасывающих и напорно-всасывающих рукавных линий мало отличаются от свойств напорных рукавных линий (рис. 360), поэтому с порядком из расчета и определения можно воспользоваться разделом п.6.3.1.

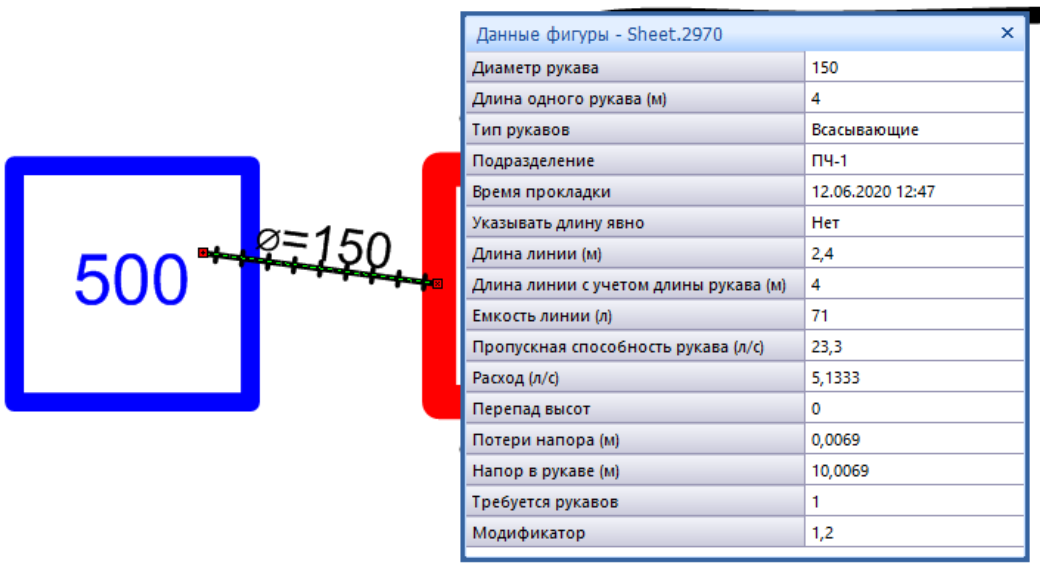


Рисунок 360 - Окно «Данные фигуры» всасывающей рукавной линии

6.3.6.3. Всасывающие сетки

Для забора воды из естественных и пожарных водоемов используются всасывающие рукавные линии с присоединенными всасывающими сетками (рис. 361). Поскольку всасывающие сетки без всасывающих рукавов не используются, в ГраФиС два этих элемента объединены в единую фигуру – «Всасывающая линия».

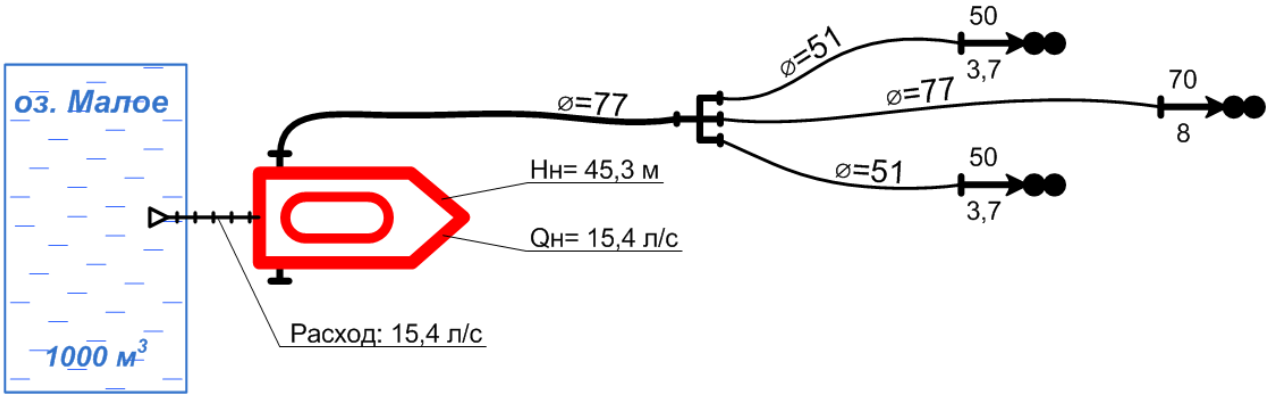


Рисунок 361 - Насосно-рукавная система с забором воды из естественного водоема при помощи всасывающей рукавной линии с всасывающей сеткой

Характерными свойствами фигуры «Всасывающая линия» являются:

- «Модель всасывающей стеки»
- «Пропускная способность сетки»
- «Осуществляется забор»
- «Высота забора воды (м)»
- «Расход»

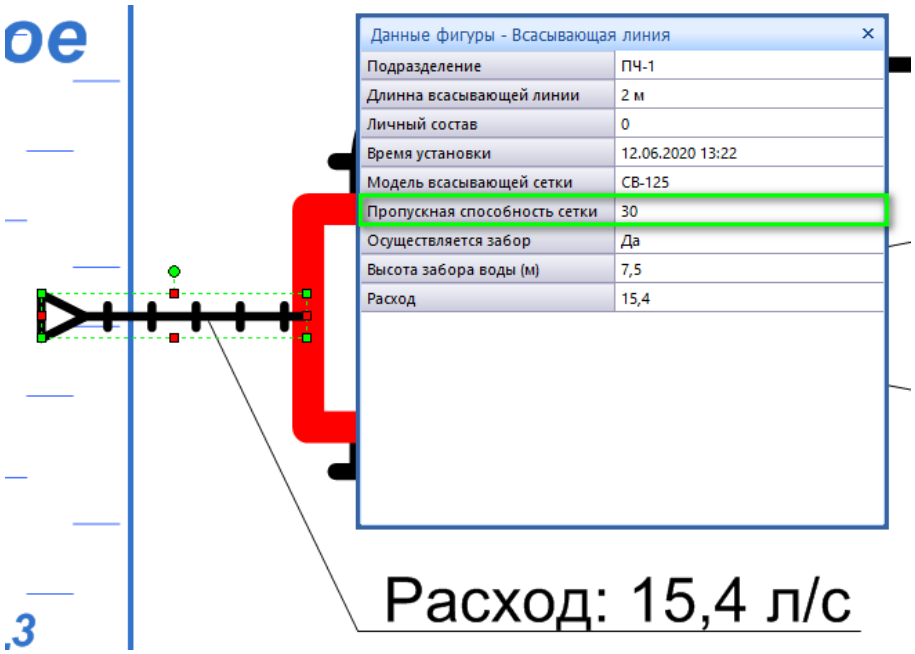


Рисунок 362 - Окно данных фигуры «Всасывающая линия». Зеленым выделены расчетные свойства

Свойство «Расход» определяется при анализе НРС в целом (п.6.3.1.7) и пересчитывается всякий раз при обновлении параметров системы.

Свойство «Пропускная способность сетки» зависит от свойства «Модель всасывающей стеки». Ее значение хранится в базе данных ГраФиС-Справочник и забирается из базы данных всякий раз при изменении типа сетки, в том числе при вбрасывании. В базе данных ГраФиС-Справочник просмотреть и отредактировать сведения о всасывающих сетках можно в форме «Сетки всасывающие» раздела «Пожарно-техническое вооружение» (рис. 363).

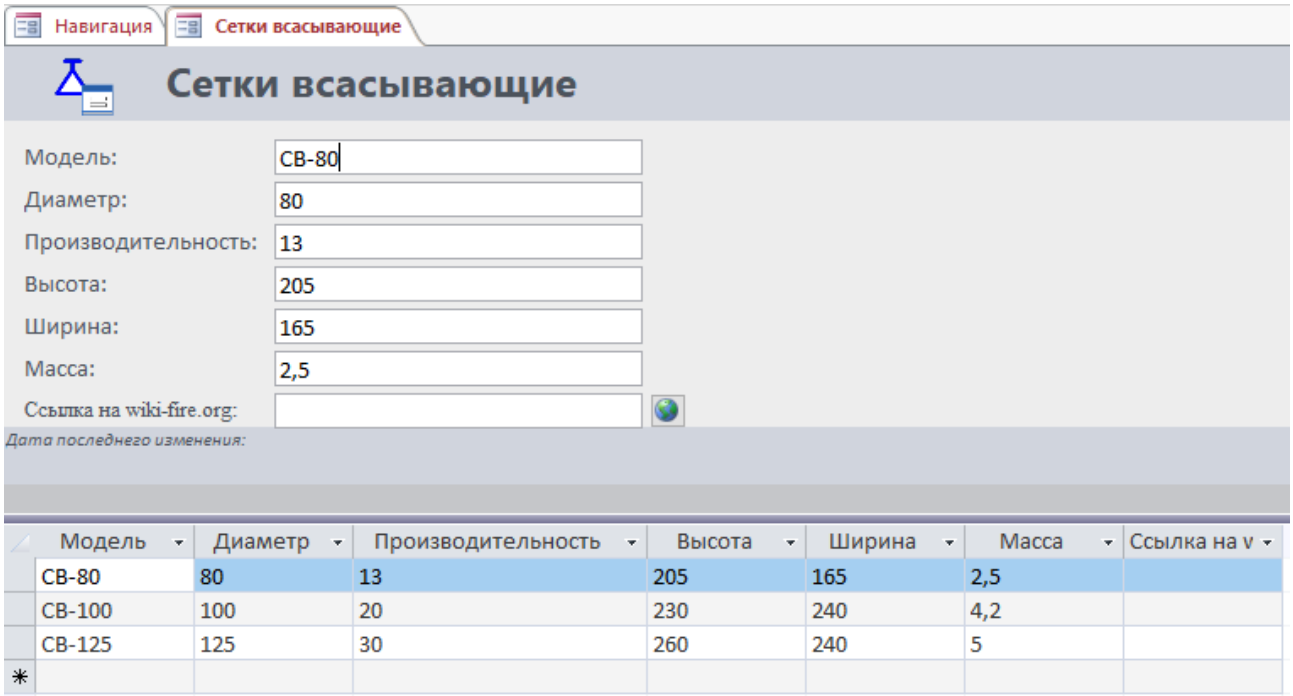


Рисунок 363 - Форма«Сетки всасывающие» раздела «Пожарно-техническое вооружение»

6.3.6.4. Гидроэлеваторы

Гидроэлеватор — это специальный тип гидравлического оборудования, предназначенный для забора воды из водоисточников с небольшой глубиной или при перепаде высот между осью насоса МСП и поверхностью воды более 7 метров. Гидроэлеватор является по сути струйным насосом, в котором забор воды из водоисточника осуществляется за счет ее эжекции в полость насоса.

Более подробно о конструктивном устройстве гидроэлеваторов можно прочесть в различных учебных пособиях по пожарной технике, например в учебнике АГПС МЧС России «Пожарная техника» 2004 года под авторством профессора М.Д. Безбородько [29].

Расчет гидроэлеваторных насосно-рукавных систем имеет ярко выраженную специфику. Аналогично и расчет свойств фигур гидроэлеваторов имеет особенности, отличающие его от расчета прочего гидравлического оборудования.

Расчет свойств фигур гидроэлеваторов основан на принятой в пожарной охране России методике [1, стр.84].

Основными вычисляемыми свойствами фигур гидроэлеваторов являются:

- «Забор воды (л/с)». Объем воды, забираемой гидроэлеватором из водоисточника
- «Расход перед прибором (л/с)». Расход воды в точке подключения напорной рукавной линии «на вход»
- «Напор перед прибором (м)». Напор в точке подключения напорной рукавной линии «на вход»
- «Объем требуемой воды для запуска (л)». Объем воды необходимой для запуска гидроэлеваторной системы

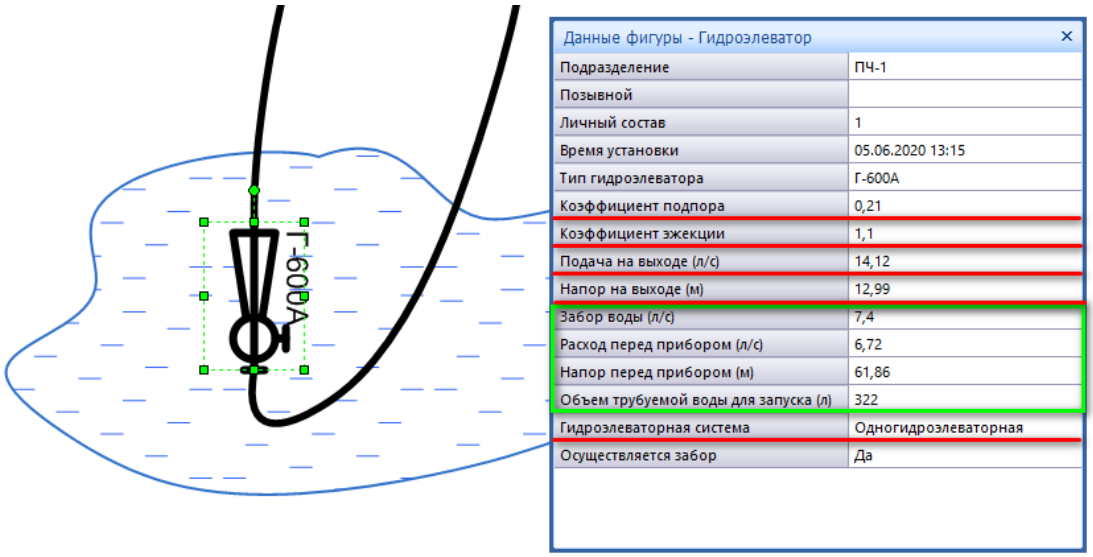


Рисунок 364 - Окно данных фигуры «Гидроэлеватор». Зеленым выделены расчетные свойства. Красным – свойства, влияющие на их расчет

Свойствами, оказывающими влияние на результаты расчета, являются:

- «Коэффициент подпора». Отношение напора после прибора к напору перед прибором. Согласно ТТХ ГЭ-600 и ГЭ-600А равен 0,21

– «Коэффициент эжекции». Отношение количества забираемой гидроэлеватором воды к расходу перед прибором. Согласно ТТХ ГЭ-600 и ГЭ-600А равен 1,1
– «Подача на выходе (л/с)». Расход воды в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»
– «Напор на выходе (м)». Напор после прибора в точке подключения напорной рукавной линии «на выход»

Значения свойств «Подача на выходе (л/с)» и «Напор на выходе (м)» зависят от свойств фигуры напорной рукавной линии, подключенной к точке «на выход», которые вычисляются при расчете гидроэлеваторной системы в целом. Об особенностях расчета гидроэлеваторных НРС можно прочесть в разделе п.6.3.11.

Расчет свойства «Расход перед прибором (л/с)» $Q_{ГЭ}^{вх}$ осуществляется следующим образом:

$$Q_{ГЭ}^{вх} = Q_{ГЭ}^{вых}/(1 + K_{эж}) \quad (30)$$

где, $Q_{ГЭ}^{вых}$ – расход воды после прибора (свойство «Подача на выходе (л/с)», л/с; $K_{эж}$– коэффициент эжекции (свойство «Коэффициент эжекции»).

Количество воды забираемой гидроэлеватором $Q_{ГЭ}^{заб}$ отражается в свойстве «Забор воды (л/с)» и вычисляется по формуле:

$$Q_{ГЭ}^{заб} = Q_{ГЭ}^{вых} - Q_{ГЭ}^{вх} \quad (31)$$

Напор перед прибором $H_{ГЭ}^{вх}$ отражается в свойстве «Напор перед прибором (м)» и вычисляется по следующей формуле:

$$H_{ГЭ}^{вх} = H_{ГЭ}^{вых}/K_{подп} \quad (32)$$

где, $H_{ГЭ}^{вых}$ – напор после прибора (свойство «Напор на выходе (м)», л/с; $K_{подп}$– коэффициент подпора (свойство «Коэффициент подпора»).

Наконец, объем воды необходимой для запуска гидроэлеваторной системы $W_{ГЭ}$ определяется по формуле:

$$W_{ГЭ} = W_{рл} * K_{ГЭ} \quad (33)$$

где, $W_{рл}$ – суммарный объем воды в рукавных линиях ведущих к гидроэлеватору и от него, л; $K_{ГЭ}$– коэффициент учитывающий количество гидроэлеваторов в НРС. Определяется значением свойства «Гидроэлеваторная система»: для одногидроэлеваторной – 2, для двухгидроэлеваторной – 1,5.

6.3.7. Параметры емкостей для воды

Промежуточные емкости в ГраФиС представлены фигурой «Емкость» входящей в состав трафарета «Водоснабжение».

Фигура имеет четыре точки подключения на вход и столько же на выход (рис. 365). Точки подключения на вход позволяют наполнять емкость водой посредством напорных рукавов, подключенных на подачу. Точки подключения на выход позволяют забирать воду используя всасывающие или напорно-всасывающие рукава.

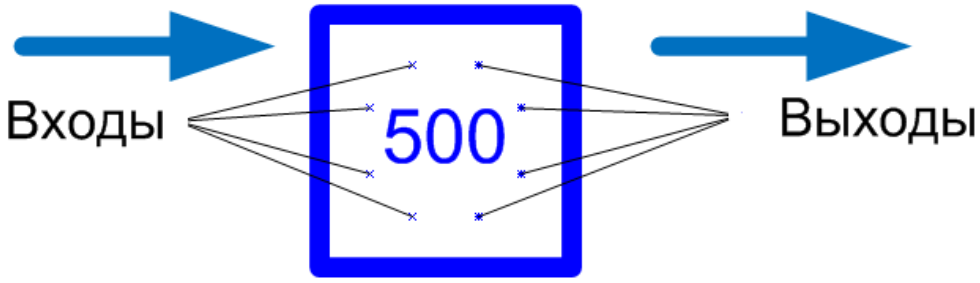


Рисунок 365 - Точки подключения рукавных линий фигуры «Емкость»

Таким образом фигура «Емкость» может выполнять как функцию сбора потока, за счет подключения на вход нескольких напорных рукавных линий, так и функцию разветвления, подключая на выход несколько всасывающих рукавных линий ведущих к МСП при этом, обе эти функции могут выполняться одновременно.

От фигуры «Емкость» можно прокладывать только всасывающие рукавные линии – напорные рукавные линии, подключенные к точкам на выход корректно рассчитаны быть не могут.

Промежуточные емкости не являются элементами гидравлического оборудования, участвующими в соединении рукавных линий, и не обладают характеристиками свойственными для этого типа пожарной техники. Поэтому у таких фигур отсутствуют свойства напора и расхода.

Основными параметрами промежуточных емкостей являются характеристики, позволяющие оценить, насколько быстро наполняется и

опорожняется ёмкость, а также то, сколько воды в ней вообще может поместиться (рис. 366). Эти характеристики отражаются в свойствах фигуры:

- «Объем (л)»
- «Скорость опорожнения (л/с)»
- «Скорость наполнения (л/с)»
- «Коэффициент остатка»

Фактически свойство «Скорость опорожнения (л/с)» соответствует свойству «Расход» у фигур гидравлического оборудования.

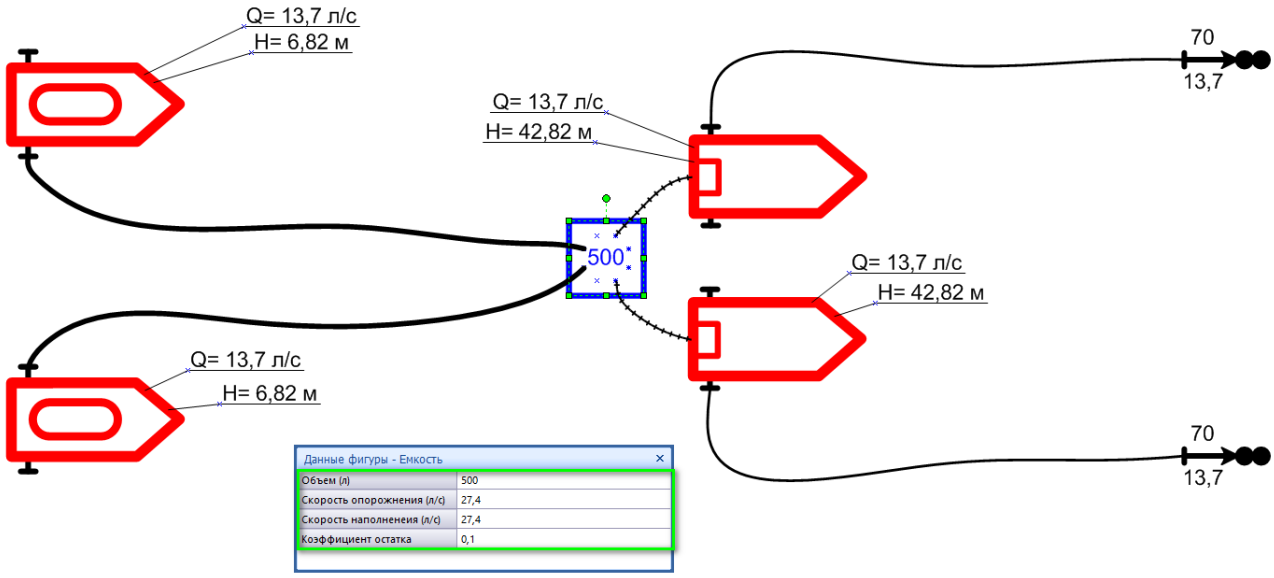


Рисунок 366 - Пример использования фигуры «Емкость» несколькими МСП как для забора воды, так и для наполнения. Зеленым веделены своства фигуры «Емксоть»

Расчет расхода в рукавных линиях, наполняющих емкость, выполняется в соответствии с формулой ф. 19. Напор в точках подключения рукавов на вход всегда равен 4м. Напор же во всасывающих рукавах, подключенных на забор воды равен 10м (6.3.6.).

В случае, если к емкости подключены рукавные линии и на подачу, и на забор воды, скорость наполнения равна скорости опорожнения. В случае, если вода в емкость не подается, а только забирается скорость наполнения равна 0л/с. При этом, происходит вычисление времени опорожнения ёмкости, а в окне данных фигуры появляется соответствующее свойство (рис. 367).

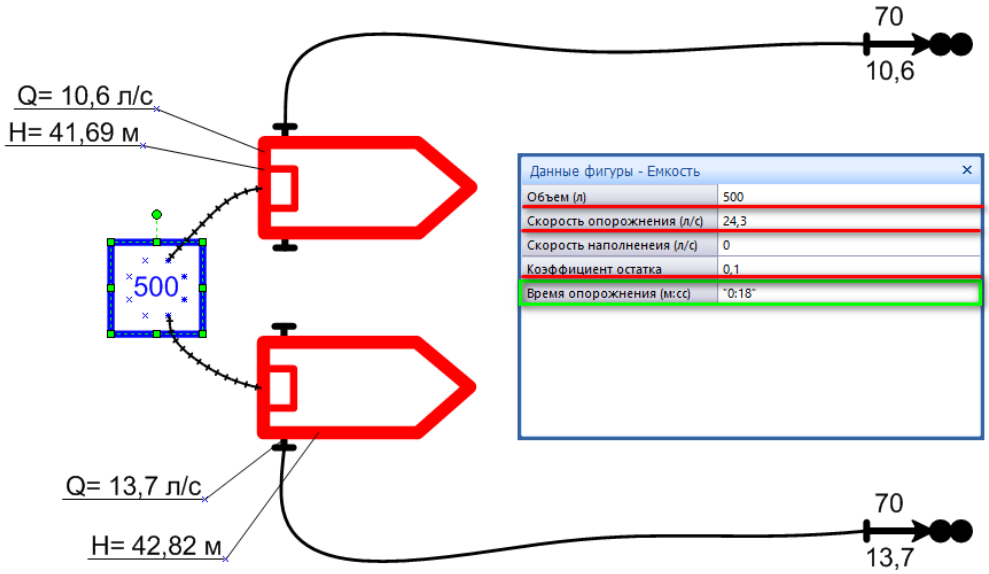


Рисунок 367 - Свойства фигуры «Емкость». Зеленым выделено свойство «Время опрожнения». Красным выделены свойства оказвыающие на его значение влияние

Расчет времени опорожнения емкости $t_{\text{емк}}^{\text{оп}}$ выполняется согласно следующей формулы:

$$t_{\text{емк}}^{\text{оп}} = \frac{W_{\text{емк}} \cdot (1 - K)}{Q_{\text{оп}} \cdot 60} \qquad (34)$$

где, $W_{\text{емк}}$ – объем емкости, л; К – коэффициент остатка; $Q_{\text{оп}}$ – скорость опорожнения, л/с

Полученный результат $t_{\text{емк}}^{\text{оп}}$ представляется в виде «мм:сс» (рис. 367.)

6.3.1.7. Расчет параметров насосно-рукавных систем

В предыдущем разделе мы рассмотрели расчет параметров отдельно взятых элементов насосно-рукавных систем. В данном разделе речь пойдет о порядке расчета и определения параметров насосно-рукавных систем в целом.

Получение результатов расчета параметров насосно-рукавных систем для подачи воды к месту пожара

В ГраФиС реализовано два механизма получения сведений о параметрах насосно-рукавных систем:

получение сведений о параметрах отдельных элементов НРС

получение сведений о параметрах НРС в целом

Первый механизм основан на изучении свойств фигур, входящих в состав НРС. Подробно способы расчета и получения сведений отдельных фигур НРС в зависимости от их типа описаны в разделе п.6.3.

Второй механизм позволяет получать сведения о насосно-рукавной системе в целом и реализован за счет использования специального инструмента ГраФиС – «Анализ НРС».

6.3.8. О точках соединения насосно-рукавных систем

В ГраФиС насосно-рукавные системы строятся за счет соединения между собой фигур-элементов НРС. Соединение осуществляется при помощи, ранее уже упоминавшихся, точек соединения. Рассмотрим этот инструмент подробнее.

Любая из перечисленных в разделе п.6.3 фигур имеет одну или несколько точек соединения. Точки соединения бывают двух видов: «на вход» и «на выход» (рис. 320). При помощи точек «на вход» к рукавному оборудованию подключаются рукавные линии, подающие в него воду. При помощи точек «на выход» подключаются рукавные линии, по которым вода подается от рукавного оборудования далее.

Соединительные точки расположены как правило в местах логично согласующихся с расположением соединительных головок рукавного оборудования. В некоторых случаях соединительные точки расположены в центре фигур – например отражая горловину емкости для воды у фигур МСП визуально точки соединения у большинства фигур не видны, их местоположение подсвечивается квадратом при наведении на них во время рисования линий. В версии Visio 2007 квадрат имеет красный цвет, в более поздних – зеленый или голубой (рис. 368).

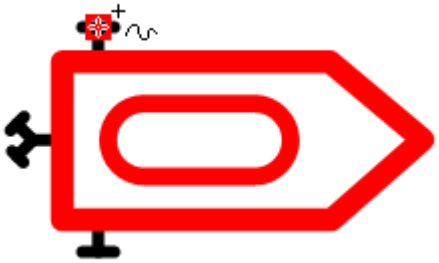


Рисунок 368 - Подсветка соединительной точки на фигуре «АЦ» при наведении с включенным инструментом рисования линий «Ломаная»

Наличие корректного соединения рукавных линий с прочими фигурами НРС отмечается красной точкой (закрашенным квадратом) на конце рукавных линий (рис. 369).

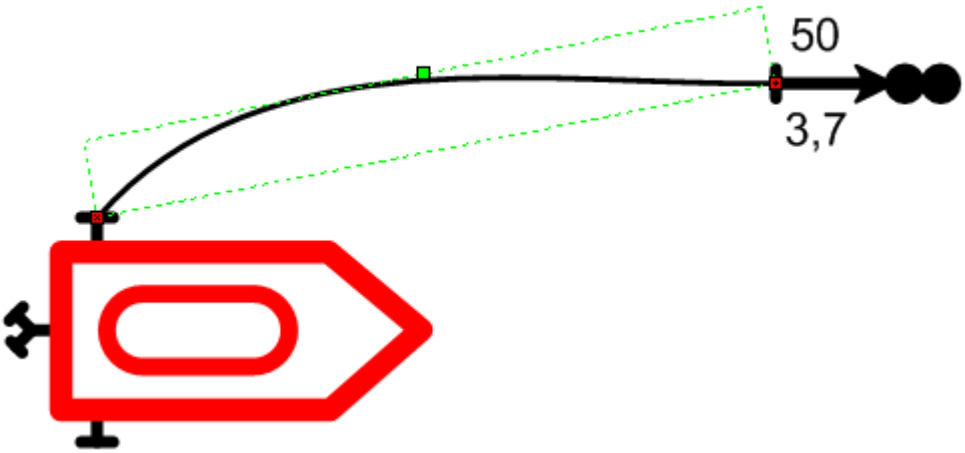


Рисунок 369 - Соеднительные точки рукавной линии подсвечены красными квадратами

Рукавные линии являются особым типом фигур. Точки соединения рукавных линий создаются автоматически при их соединении с фигурами. Также происходит автоматическое определение типа точки – «на вход» или «на выход» – это зависит непосредственно от того к каким точкам фигур рукавного оборудования подключена линия.

Большинство фигур позволяют подключать к точкам соединения только рукавные линии. Однако есть фигур позволяющие подключать и другое оборудование. Так, например, к фигурам «ПГ» можно подключать не рукавные линии, а фигуры «Пожарная колонка».

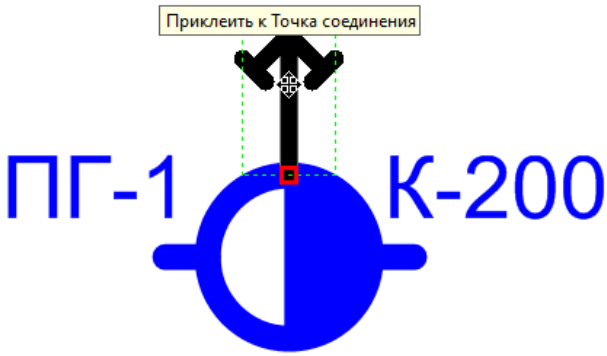


Рисунок 370 - Соединение между пожарным гидрантом и пожарной колонкой

Точки соединения НРС в ГраФиС выполняют роль схожую с ролью соединительных рукавных головок рукавного оборудования. Однако, учитывая то, что точки соединения являются частью компьютерных моделей их задачи несколько шире. Помимо внешне проявляющегося на схеме соединения фигур пожарных рукавов и рукавного оборудования точки соединения имеют и собственные параметры, отражающие расход и напор в данном месте соединения. Эти параметры нельзя просмотреть, но они используются при расчете свойств соединенных с точками фигур НРС.

6.3.9. Правила расчета параметров точек соединения

Параметры точек соединения играют ключевую роль в расчете параметров НРС в целом. Поэтому важно обозначить правила расчета их параметров:

- **напор и расход точек «на выход» получают значения соответствующих параметров точек «на вход» фигур рукавных линий**
- **значения напора и расхода точек «на вход» передаются соответствующим параметрам точек «на выход» фигур рукавных линий**

На изображении рис. 371 представлена внутренняя логика обратного расчета от точек значений выходящих параметров и передача результата вычисления точке «на вход». В качестве примера выбрана фигура «Разветвление», но точно такая же логика действует для любой фигуры, участвующей в расчете НРС.

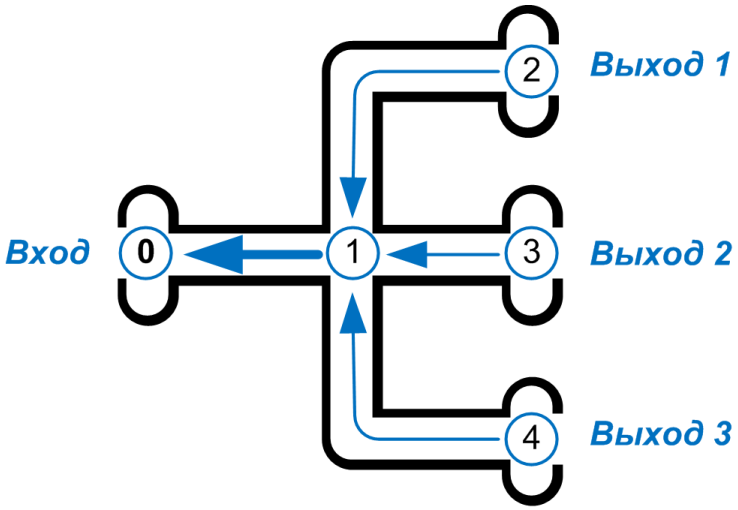


Рисунок 371 - Направление передачи значений свойств напора и расхода в рамках логики фигуры. 2,3,4 – соединительные точки «на выход», 0 – соединительная точка «на вход», 1 – произведение операций с данными (для фигуры разного типа операции могут различаться)

Связь между параметрами точек «на вход» и «на выход» внутри одной фигуры определяется ее логикой. При этом суммарный расход в точках подключения «на вход» всегда определяется суммарным расходом точек «на выход», а напор в любой из точек на вход всегда определяется значением максимального напора в точках «на выход» минус местные потери напора в оборудовании. В отельных случаях на эти параметры так же оказывает влияние поведение фигур. Например, в фигурах гидроэлеваторов расход перед прибором учитывает так же и количество забираемой извне воды, а напор учитывает коэффициент подпора (п.6.3.6.4). Конкретный характер зависимостей и

особенности проведения расчетов определяется видом фигуры. Более подробно о логике расчета параметров точек соединения различных видов фигур рассказывалось в разделе п.6.3.

6.3.10. Обратный расчет параметров насосно-рукавных систем в основных трафаретах ГраФиС

Как уже упоминалось в разделе п.6.3.2.1 в основных трафаретах ГраФиС при расчете параметров НРС используется обратный метод расчета. Это означает, что при расчете всей системы передача данных о расходах и напорах происходит посредством промежуточных элементов НРС (рукавные линии, рукавное оборудование, МСП) от фигур потребителей воды к фигурам поставщикам.

Здесь под *фигурами потребителей* воды в широком смысле понимаются фигуры каким-либо образом, использующие воду. В основном это приборы подачи воды.

Под *фигурами поставщиками* понимаются в первую очередь фигуры МСП, которые могут работать как от собственных емкостей, так и с заправкой от внешних источников – пожарных гидрантов, открытых водоисточников и т.д.

Промежуточными элементами при проведении расчета являются фигуры рукавных линий, рукавного оборудования (разветвления, водосборники, коллекторы, гидроэлеваторы, пеносмесители). Так же роль промежуточных элементов могут выполнять фигуры МСП или промежуточных емкостей при составлении схем перекачки.

Рассмотрим этот механизм более подробно. Для этого представим смешанную насосно-рукавную систему изображенную на рис. 372.

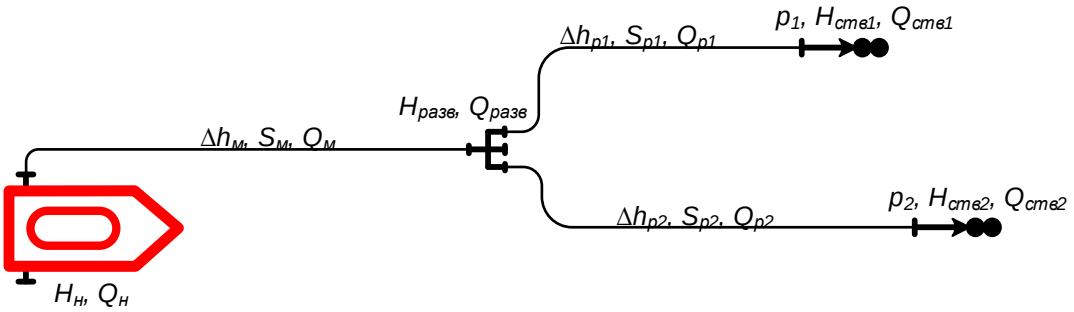


Рисунок 372 - Смешанная насосно-рукавная система

Приведенная НРС состоит из насосной установки пожарной автоцистерны, рукавного разветвления, магистральной рукавной линии, двух пожарных стволов и такого-же количества рабочих рукавных линий. Рабочие рукавные

линии, проложенные от разветвления, могут иметь различные характеристики (длину, диаметр и материал рукава).

Основными параметрами НРС являются: расход ОТВ ($Q_н$) и напор ($H_н$). Расчет именно этих характеристик применительно к различным элементам НРС как правило и представляет наибольший практический интерес при проведении расчетов.

Дополнительными параметрами являются:

- потери напора в рукавных линиях и гидравлическом оборудовании (Δh_n)
- гидравлические сопротивления (S_n)
- проводимость насадков приборов подачи ОТВ и гидравлического оборудования (p_n)

Это либо значения вычисляемые в процессе определения значений основных параметров, либо справочные значения известные заведомо.

Задачами проведения расчета НРС могут являться:

- определение требуемых параметров работы насосов МСП
- определение максимально возможного расстояния подачи воды
- определение максимально возможного расхода воды при заданных параметрах НРС
- определение времени работы НРС от емкостей с ограниченным запасом воды

Представим рассматриваемую НРС в виде направленного графа (рис. 373). Стрелками показано направление передачи переменных значений расхода и напора между элементами НРС в процессе расчета.

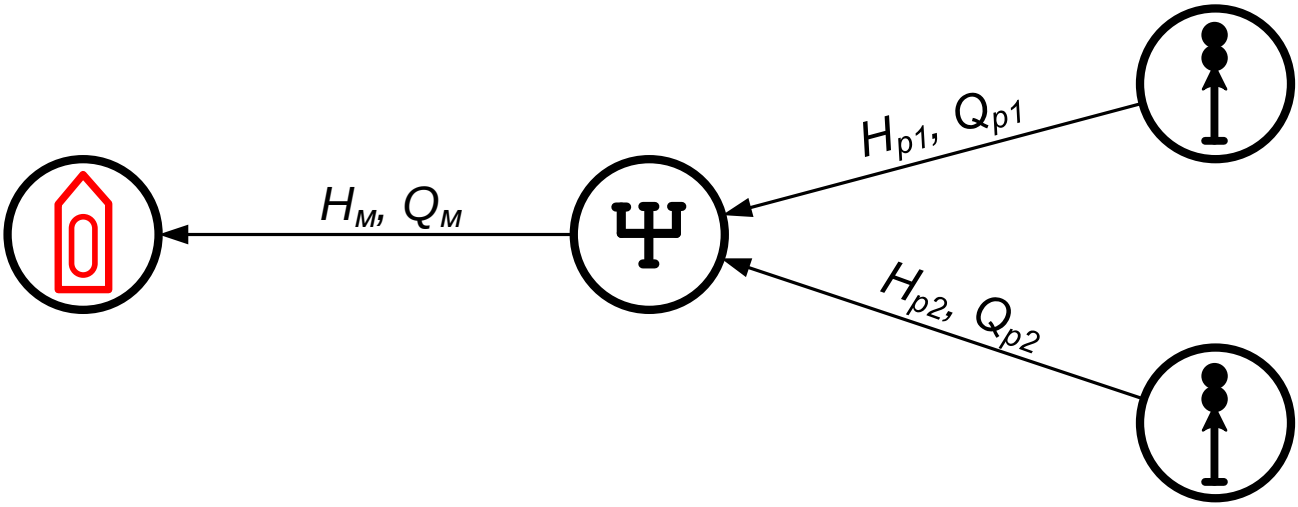


Рисунок 373 - Граф НРС при обратном расчете

При проведении расчета обычно принимается ряд допущений:

- предполагается, что напор на приборах подачи огнетушащих веществ является постоянной величиной и не зависит от параметров насосно-рукавной системы
- не учитывается взаимное влияние различных элементов в сложных насосно-рукавных системах
- на разветвлениях напор принимается согласно максимально требуемого в рабочих рукавных линиях
- для упрощения расчётов, потери напора в рабочих рукавных линиях, проложенных после разветвлений, безусловно принимаются равными 10 метрам.

Для большей точности в ГраФиС последнее упрощение не используется – вместо этого проводится расчет потерь напора для всех рукавных линий.

Порядок расчета данной НРС (рис. 373) в ГраФиС следующий:

1. Известные значения требуемого напора перед приборами подачи ОТВ и соответствующих им расходов воды передаются от фигур приборов фигурам рабочих рукавных линий.

2. Вычисляются потери напора в рабочих рукавных линиях. Для этого используются формула ф. 7 или ф. 8

3. Определяются требуемые напоры на входе в рабочие рукавные линии (см. п.6.3.1.9).

4. Определяется максимально необходимый напор ($H_{разв}$) перед разветвлением (см. п.6.3.3.1)

5. Аналогично шагу 2 определяется потеря напора ($\Delta h_м$) в магистральной рукавной линии.

6. Определяется требуемый напор на насосе МСП (см. п.6.3.4).

Изначальные значения расхода и требуемого напора на приборах подачи ОТВ принимаются согласно технической документации или рассчитываются согласно формуле ф. 15.

Таким образом оказываются вычислены свойства всех фигур, входящих в указанную НРС. Как итог пользователь получает возможность определить параметры любого из элементов НРС, а также, воспользовавшись инструментом «Анализ НРС» описанным в разделе п.7.4.1.1 определить параметры работы насосно-рукавной системы в целом.

Перерасчет параметров НРС происходит всякий раз при изменении свойств любой входящей в нее фигуры, а именно:

- при изменении характеристик рукавных линий (типа и диаметра рукавов, их длины и перепада высот)
- при соединении или разъединении элементов НРС между собой
- при изменении параметров рукавного оборудования и МСП [26]

Аналогичным образом происходит расчет любой насосно-рукавной системы в ГраФиС. Количество промежуточных вычислений может увеличиваться за счет усложнения схемы и увеличения количества фигур, входящих в ее состав. Но в целом порядок расчета остается таким же – от фигур приборов подачи огнетушащих веществ к фигурам МСП исключение составляют гидроэлеваторные насосно-рукавные системы (п.6.3.11).

6.3.11. Расчет параметров гидроэлеваторных насосно-рукавных систем

Ранее, в разделе п.6.3.6.4 уже рассматривался порядок расчета свойств фигуры «Гидроэлеватор». В данном разделе речь пойдет об особенностях расчета гидроэлеваторных НРС в целом.

Гидроэлеваторные НРС являются особым видом насосно-рукавных систем. Данный тип насосно-рукавных систем имеет место при заборе воды из открытых водоисточников с использованием гидроэлеваторов.

Подобные системы имеют ярко выраженные особенности, отличающие их от обычных НРС. Во-первых, гидроэлеваторные системы в большинстве случаев составляются таким образом, что вода, забираемая гидроэлеватором, подается в то же МСП, что подает воду для работы этого гидроэлеватора, что приводит к появлению закольцованности НРС. Во-вторых, порядок расчета параметров работы гидроэлеваторов отличается от порядка расчета прочего гидравлического оборудования.

Гидроэлеваторные системы состоят как правило из одного или двух гидроэлеваторов. Системы, использующие одновременно три и более гидроэлеватора, встречаются реже, но тоже возможны (рис. 374).

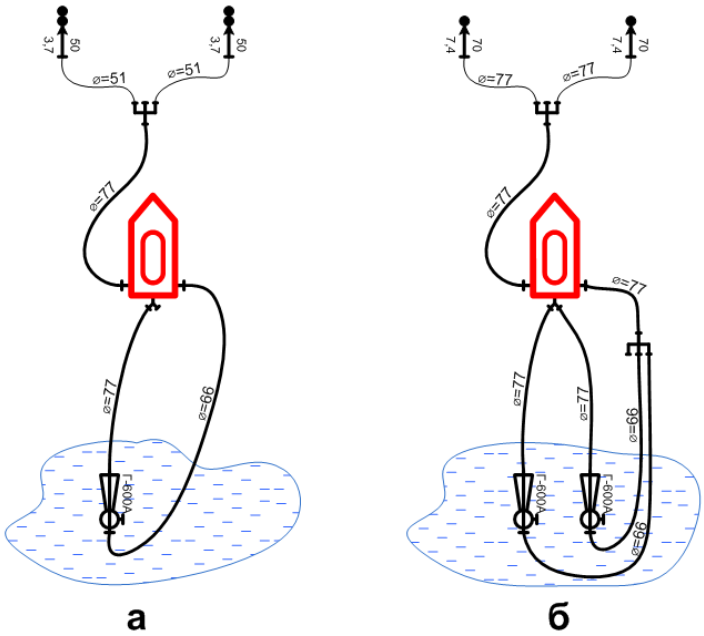


Рисунок 374 - Гидроэлеваторные насосно-рукавные системы.
а – одногидроэлеваторная; б - двухгидроэлеваторная

В принятой в пожарной охране России методике расчета гидроэлеваторных систем вычисляемыми параметрами являются:

- Объем воды, требуемый для запуска гидроэлеваторной системы
- Возможность совместной работы гидроэлеваторной НРС и насоса МСП
- Необходимый напор на насосе МСП для забора воды

Помимо перечисленных параметров вычисляются и такие параметры, как требуемое количество напорных пожарных рукавов и предельное расстояние подачи воды, однако эти параметры рассчитываются аналогично простым НРС.

Рассмотрим порядок расчета гидроэлеваторных систем, для чего используем схему насосно-рукавной системы, приведенную на изображении рис. 375.

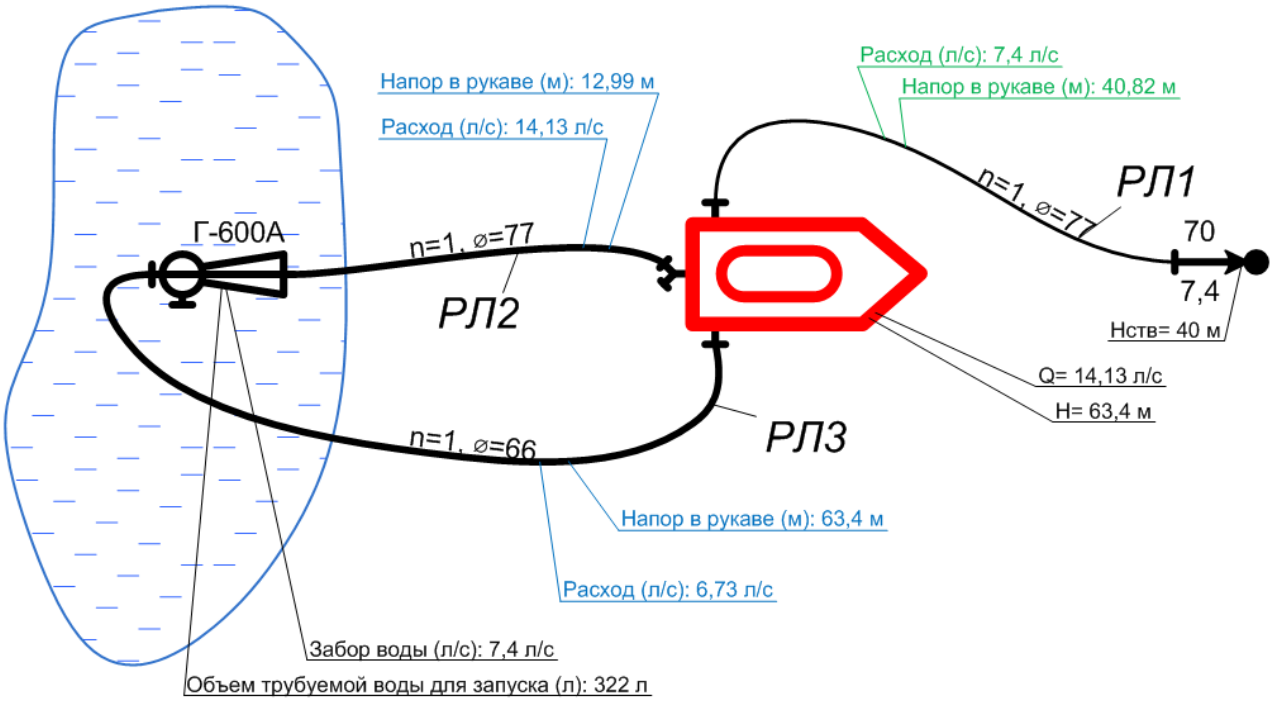


Рисунок 375 - Пример гидроэлеваторной насосно-рукавной системы

Можно заместить, что данная насосно-рукавная система имеет кольцо – рукава от гидроэлеватора ведут в полость насоса автоцистерны, от которой он же и работает. Это означает, что при проведении расчетов с учетом правил, описанных в разделе п.6.3.9 будет возникать циклическая передача данных (циклическая ссылка), т.е. значения параметров на точках подключения фигуры гидроэлеватора, опосредованно через цепочку вычислений будут влиять сами на себя.

Для обеспечения работы приведенной НРС, гидроэлеватор должен обеспечивать такое количество воды, которое требуется для работы и пожарного ствола, поданного от автоцистерны и самого себя. При этом, расход, требуемый для работы гидроэлеватора, определяется по формуле ф. 30. Напор же, требуемый для работы гидроэлеватора, определяется по формуле ф. 32. Зная это можно составить следующую систему уравнений, описывающую состояние параметров НРС:

$$\begin{cases} Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} = Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}}/(1 + K_{\text{эж}}) \\ Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}} = Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} + Q_{\text{ств}} \\ H_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} = \dfrac{H_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}}}{K_{\text{подп}}} \\ H_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}} = H_{\text{АЦ}}^{\text{Н}} + h_{\text{рл2}} \\ H_{\text{АЦ}}^{\text{ГЭ}} = H_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} + h_{\text{рл3}} \\ H_{\text{АЦ}}^{\text{ств}} = H_{\text{ств}} + h_{\text{рл1}} \\ h_{\text{рл1}} = S_{\text{рл1}} * Q_{\text{ств}}^{2} \\ h_{\text{рл2}} = S_{\text{рл2}} * Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}\,2} \\ h_{\text{рл3}} = S_{\text{рл3}} * Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}\,2} \end{cases} \qquad (35)$$

где, $Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}}$ – расход воды после гидроэлеватора, л/с; $Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}}$ – расход воды перед гидроэлеватором, л/с; $Q_{\text{ств}}$ – расход из пожарных стволов поданных от МСП, л/с; $K_{\text{эж}}$ – коэффициент эжекции (1,1); $K_{\text{подп}}$ – коэффициент подпора (0,21); $H_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}}$ – напор на входе в гидроэлеватор, м; $H_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}}$ – напор на выходе из гидроэлеватора, м; $H_{\text{АЦ}}^{\text{ГЭ}}$ – напор перед рукавной линией ведущей от автоцистерны к гидроэлеватору, м; $H_{\text{АЦ}}^{\text{ств}}$ – напор перед рукавной линией ведущей от автоцистерны к пожарным стволам, м; $H_{\text{АЦ}}^{\text{Н}}$ – требуемый напор на входе в полость насоса (10м) [1, стр.69]; $h_{\text{рл}\,i}$ – потери напора в i-й рукавной линии, м; $S_{\text{рл1}}$ – гидравлическое сопротивление i-й рукавной линии

В действительности при определении потерь напора так же учитываются перепады высот, но для упрощения понимания логики приложения, здесь они приняты равными нулю и не показаны.

Перерасчет происходит всякий раз при изменении параметров НРС. При этом поскольку система закольцована, то вычисления естественным образом производятся итеративно, до тех пор, пока значения свойств фигур НРС не достигнут степени точности 0,001 – используемой MS Visio по умолчанию. При расчете в качестве стартовых данных для первой итерации используются значения, полученные в ходе предыдущего расчета.

Продолжив рассматривать схему, приведенную на изображении рис. 375, представим, что для повышения производительности ствола потребовалось повысить перед ним давление с 40м использованных ранее до 50м. При таком напоре производительность ствола РС-70 увеличится с 7,4л/с до 8,2л/с.

При этом напор в точке подключения рукавной линии, ведущей к стволу, составит:

$$H_{\text{АЦ}}^{\text{ств}} = H_{\text{ств}} + S_{\text{рл1}} * Q_{\text{ств}}^2 = 50 + 0{,}015 * 8{,}2^2 = 51{,}01\text{м}$$

Расход на выходе из гидроэлеватора составит:

$$Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}} = Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} + Q_{\text{ств}} = 6{,}72 + 8{,}2 = 14{,}92\text{л/с}$$

Потери напора в РЛ2:

$$h_{\text{рл2}} = 0{,}015 * 14{,}92^2 = 3{,}33\text{м}$$

Напор после гидроэлеватора составит

$$H_{\text{ГЭ}}^{\text{вых}} = 10 + 3{,}33 = 13{,}33\text{м}$$

Напор и расход перед входом в гидроэлеватор составят:

$$H_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} = \frac{13{,}33}{0{,}21} = 63{,}47\text{м}$$

$$Q_{\text{ГЭ}}^{\text{вх}} = \frac{14{,}92}{1 + 1{,}1} = 7{,}1\text{л/с}$$

Потери напора в рукавной линии РЛ3:

$$h_{\text{рл3}} = 0{,}034 * 7{,}1^2 = 1{,}71\text{м}$$

И наконец, напор в точке подключения напорной линии, ведущей от АЦ к гидроэлеватору, составит:

$$H_{\text{АЦ}}^{\text{ГЭ}} = 63{,}47 + 1{,}71 = 65{,}18\text{м}$$

Первая итерация закончена! Можно увидеть, что расход на входе в гидроэлеватор изменился и теперь вместо 6,72л/с составляет 7,1л/с, а значит весь цикл вычисления будет повторен, и далее будет повторяться до того момента пока разница значений, получаемых при расчетах, не станет менее 0,001.

На изображении рис. 376 представлена рассматриваемая насосно-рукавная система после полного цикла итераций.

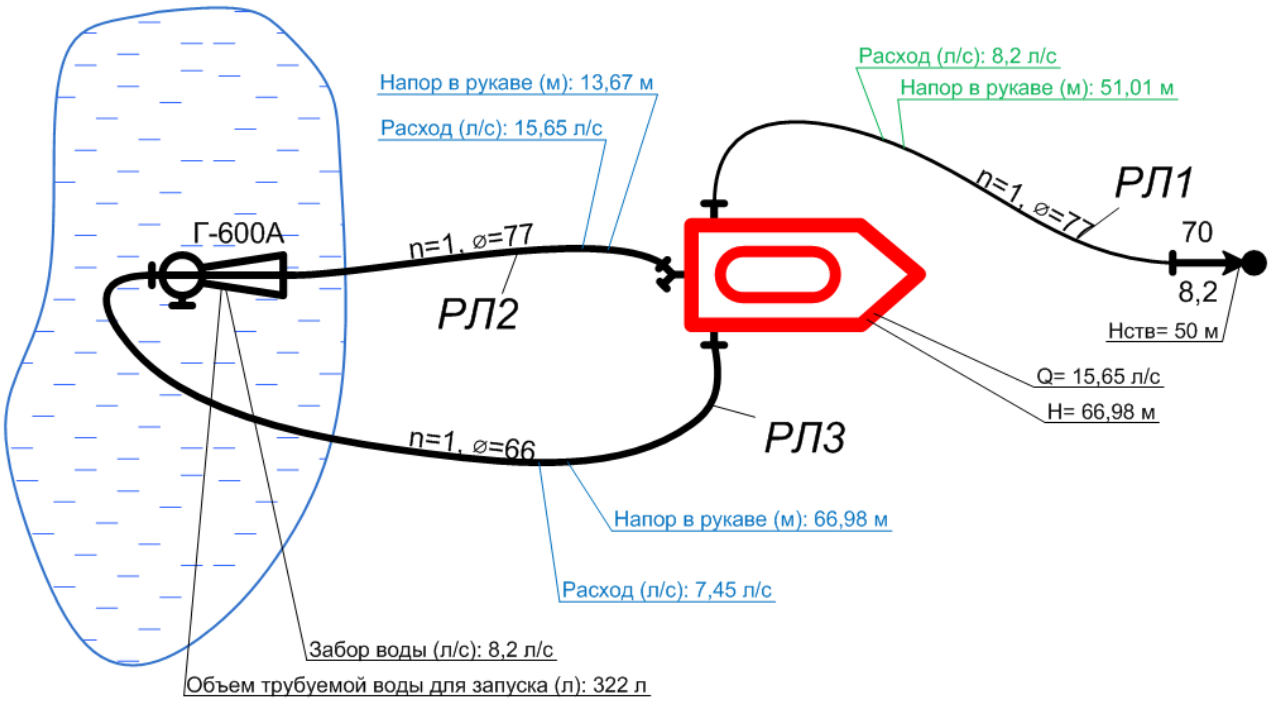


Рисунок 376 - Результаты перерасчета гидроэлеваторной насосно-рукавной системы после изменения напора на стволе

Можно заметить, что расход после гидроэлеватора увеличился с 14,13л/с до15,65л/с. Разница составила 1,52л/с, при том, что расход на стволе увеличился всего на 0,8л/с.

Аналогичным образом рассчитываются и системы с двумя гидроэлеваторами.

6.4. Особенности проведения расчетов насосно-рукавных систем с использованием трафаретов НРС

В разделе п.6.3.10 рассказывалось каким образом в ГраФиС реализован упрощенный расчет насосно-рукавных систем, используемый в пожарной тактике и основанный на решении задачи обратным методом – от приборов подачи ОТВ к насосам МСП Этот метод можно назвать пожарно-тактическим, так как предназначен он в первую очередь для проведения пожарно-тактических расчетов. Он достаточно прост и для понимания и использования. А будучи реализованным в виде системы моделирования НРС, которой, среди прочего является ГраФиС-Тактик, он позволяет проводить расчеты насосно-рукавных систем любой степени сложности.

Подобный метод широко применяется при расчете параметров насосно-рукавных систем любой сложности. Однако, несмотря на удобство проведения расчетов, решение задачи расчета НРС обратным методом имеет и ряд недостатков.

Так, например, нет возможности определить, как повлияют изменения параметров одного элемента НРС на параметры других элементов. Он не позволяет оценить требуемые параметры работы насосной установки в зависимости от требуемого расхода ОТВ для тушения пожара. Определение же фактического напора и расхода из приборов подачи ОТВ при заданном напоре на насосе МСП и вовсе невозможно.

Эти недостатки не критичны при проведении практических расчетов в пожарной тактике, однако могут иметь принципиальное значение при изучении поведения НРС в процессе обучения специалистов пожарной безопасности, при исследовании пожаров, а также при проведении расчетов в рамках проведения научно-исследовательских работ.

Поэтому в ГраФиС был реализован дополнительный механизм проведения расчетов НРС основанный на решении обратной задачи расчета НРС. Объединить и упрощенный, и более сложный гидравлический расчеты в одном решении не удалось, поэтому в ГраФиС механизм проведения гидравлического расчета реализован в специальных трафаретах. Такие трафареты в своем названии имеют дополнительную аббревиатуру НРС. Всего трафаретов НРС четыре: «Водоснабжение НРС», «Линии НРС», «ПТВ НРС», «Пожарная техника НРС», «Техника прочее НРС». Для удобства их использования в составе ГраФиС имеется специальный шаблон документа «Шаблон моделирование НРС с масштабом 200.vst» с заранее подключенными трафаретами НРС.

6.4.1. Прямой расчет НРС

Ранее мы уже видели, что потери напора в рукавных линиях зависят от расхода воды через сечение рукава (ф. 7 или ф. 8). При расчете НРС упрощенным пожарно-тактическим методом, данный факт учитывается нами только при определении требуемого напора на насосе МСП (п.6.3.4.1). Однако в случае, если мы проводим расчет НРС от известного значения напора на насосе (решая прямую задачу), потеря напора в пожарном рукаве оказывает влияние на напор перед пожарным стволом (рис. 377).

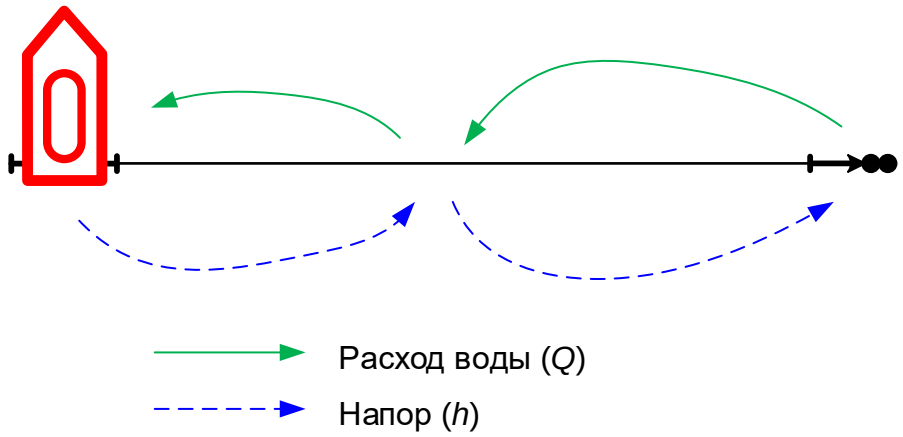


Рисунок 377 - Пример взаимного влияния параметров элементов в простой НРС

Получается замкнутый круг – увеличение напора перед пожарным стволом влечет увеличение расхода из него – увеличение расхода из ствола приводит к повышению потерь напора в рукавной линии – увеличение потерь напора в рукавной линии ведет к снижению напора перед стволом – расход снижается – снижается потеря напора и т.д. Процесс взаимного влияния параметров элементов НРС друг на друга отражает явление гидроудара и по-видимому может быть использован для его моделирования и расчета.

Расчет в таком случае проводится методом последовательных приближений – на каждой итерации значения параметров НРС оказывают все меньшее влияние друг на друга до тех пор, пока это влияние не окажется ниже какого-то приемлемого значения точности (в MS Visio это значение по-умолчанию составляет 0,001). Расчет насосно-рукавной системы, состоящей из одной рукавной линии, обычно не представляет сложности. Однако, расчет методом последовательных приближений сложных НРС может представлять собой крайне трудоемкую процедуру, требующую многих десятков, сотен и даже тысяч итераций. Связано это с тем, что в сложных насосно-рукавных системах все элементы так или иначе оказывают влияние друг на друга. Например, для схемы изображенной на рисунке рис. 378, изменение расхода из любого одного ствола приведет к изменению не только расхода воды через сечение рабочей рукавной линии ведущей к нему, но и к аналогичному изменению расхода в магистральной рукавной линии проложенной от автоцистерны до разветвления – изменится потеря напора в магистральной линии, а значит изменятся напоры на входе во все остальные рабочие рукавные линии проложенные после разветвления – как итог изменятся расходы из всех остальных стволов.

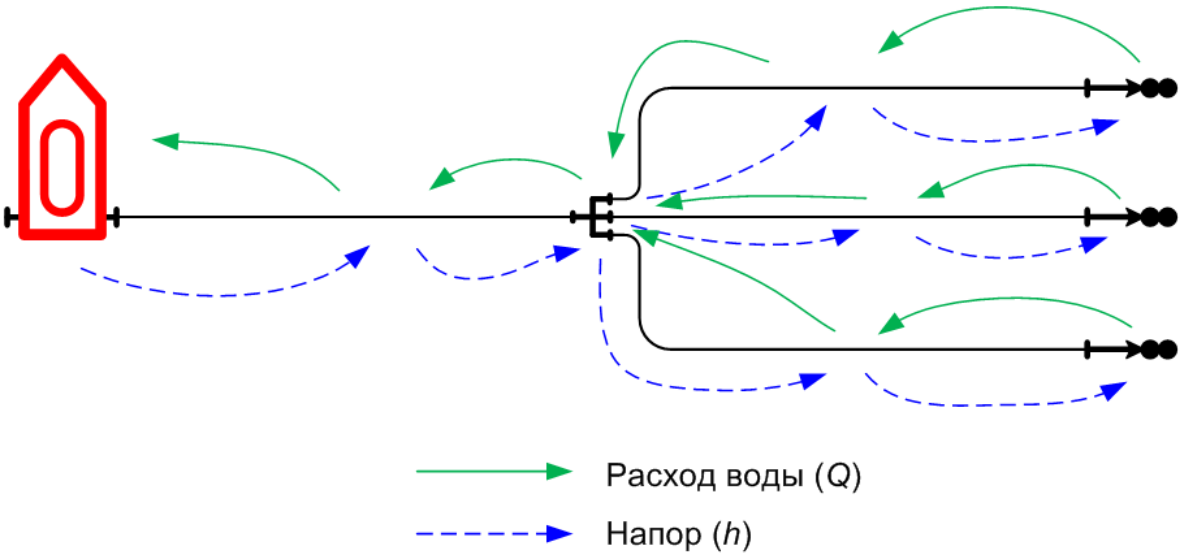


Рисунок 378 - Пример взаимного влияния параметров элементов сложной НРС при проведении прямого расчета

При проведении расчетов гидравлическим методом потери напора в рукавных линиях определяются согласно формулам ф. 7 или ф. 8. Расход же из стволов может быть определен по формуле ф. 15.

Очевидно, что расчет параметров НРС с решением прямой задачи без использования специальных программных средств представляет собой крайне трудоемкую задачу.

6.4.2. Правила расчета параметров точек соединения при гидравлическом расчете НРС

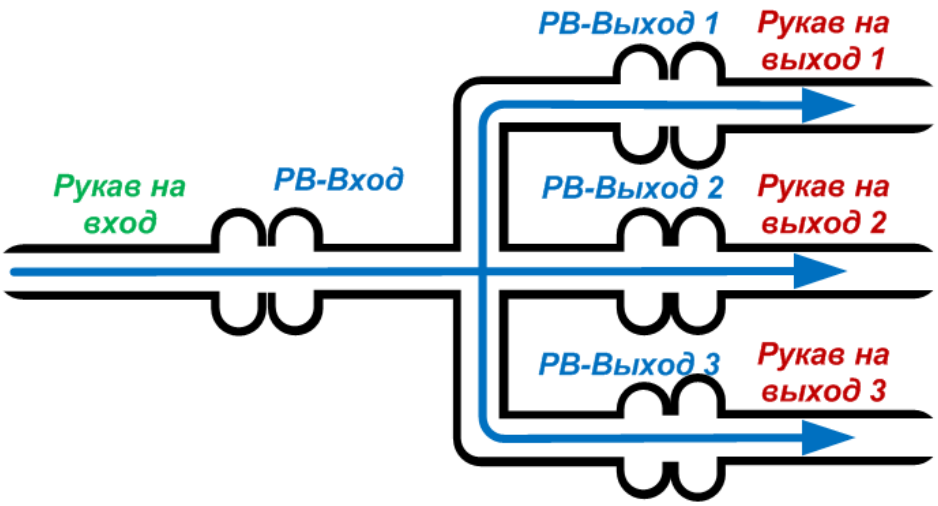
Механизм работы точек соединения в фигурах из трафаретов НРС не отличается от механизма в фигурах основных трафаретов. Так же при рисовании линий конечные их точки автоматически подключаются к соответствующим точкам соединения.

Разница заключается в том, каким образом происходит вычисление параметров в точках соединения «на вход» и «на выход». Связана эта разница с направлением расчета параметров в рамках насосно-рукавной системы. Как было сказано в предыдущем разделе, расчет значений расхода производится аналогично пожарно-тактическому методу – от приборов подачи ОТВ к насосам МСП, а расчет значений параметров напора воды рассчитывается наоборот – от насосов МСП к приборам подачи.

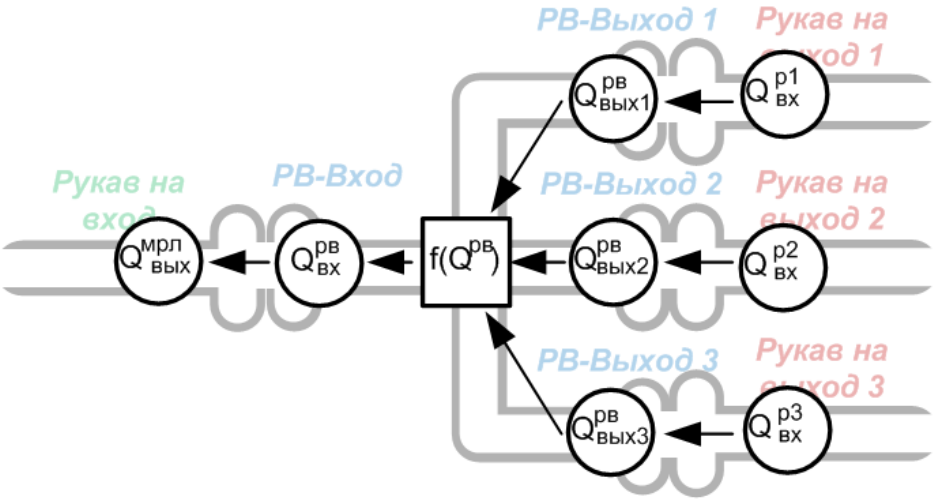
Таким образом, правила расчета параметров точек соединения фигур при гидравлическом расчете НРС выглядят следующим образом:

– **расход точек «на выход» получает значение соответствующего параметра точек «на вход» фигур рукавных линий, подключенных к ним**
– **значение расхода точек «на вход» передаются соответствующему параметру точек «на выход» фигур рукавных линий, подключенных к ним**
– **значение напора точек «на выход» передаются соответствующему параметру точек «на вход» фигур рукавных линий, подключенных к ним**
– **напор точек «на вход» получает значение соответствующего параметра точек «на выход» фигур рукавных линий, подключенных к ним**

В качестве примера рассмотрим работу рукавного разветвления при расчете НРС прямым методом (рис. 379).



а



б

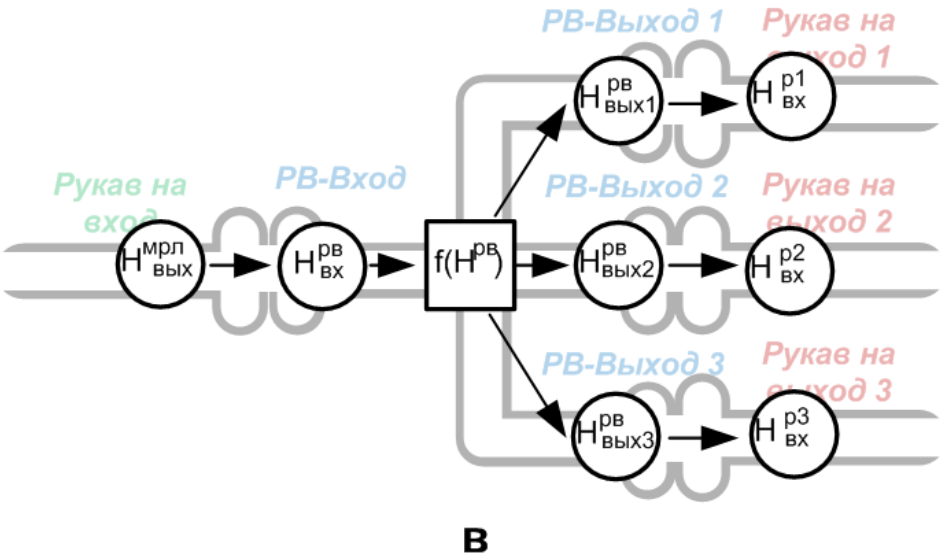


Рисунок 379 - Правила передачи значений параметров движения воды на примере трехходового разветвления с тремя подключенными напорными линиями. а – направление движения жидкости, б – направление передачи значени расхода, в – направление передачи значений напора

В соответствии с изображением рис. 379 б, вычисление значений расходов воды при прямом расчете осуществляется следующим образом.

Расход воды в точке соединения «на выход» рукава магистральной рукавной линии, подающей воду в разветвление $Q_{\text{вых}}^{\text{мрл}}$ равен расходу в точке «на вход» самого разветвления $Q_{\text{вх}}^{\text{рв}}$:

$$Q_{\text{вых}}^{\text{мрл}} = Q_{\text{вх}}^{\text{рв}} \tag{35.1}$$

В свою очередь, расход в точке «на вход» самого разветвления $Q_{\text{вх}}^{\text{рв}}$ равен результату некоторой операции над входящими значениями расхода от точек соединения «на выход»:

$$Q_{\text{вх}}^{\text{рв}} = f(Q^{\text{рв}}) \tag{35.2}$$

Применительно к рукавному разветвлению, такой операцией является суммирование расходов

$$Q_{\text{вх}}^{\text{рв}} = Q_{\text{вых1}}^{\text{рв}} + Q_{\text{вых2}}^{\text{рв}} + Q_{\text{вых3}}^{\text{рв}} \tag{35.3}$$

Однако, для прочих фигур, эти операции могут быть иными, о чем более подробно будет рассказано в разделе п.6.4.3.

Расходы же в точках подключения разветвления «на выход» $Q_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}}$ равны расходам в точках подключения «на вход» напорных рукавных линий $Q_{\text{вх}}^{\text{р}\,n}$, проложенных после разветвления:

$$Q_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}} = Q_{\text{вх}}^{\text{р}\,n} \tag{35.4}$$

Значения напоров вычисляются следующим образом (рис. 379, в).

Напор воды в точке соединения «на вход» рукавного разветвления $H_{\text{вх}}^{\text{рв}}$ равен напору в точке «на выход» рукава магистральной рукавной линии, подающей воду в разветвление $H_{\text{вых}}^{\text{мрл}}$:

$$H_{\text{вх}}^{\text{рв}} = H_{\text{вых}}^{\text{мрл}} \tag{35.5}$$

Напоры в каждой из точек «на выход» из разветвления $H_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}}$ равны между собой и определяются неким выражением, обрабатывающим входящие значения напоров на разветвлении:

$$H_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}} = f(H^{\text{рв}}) \tag{35.6}$$

Применительно к фигурам рукавных разветвлений, этим выражением является:

$$H_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}} = H_{\text{вх}}^{\text{рв}} + h^{\text{рв}} \tag{35.7}$$

где, $h^{\text{рв}}$ – местные потери напора в рукавном разветвлении

Напоры же в точках соединения «на вход» рукавных линий равны напорам в соответствующих точках соединения разветвления «на выход»:

$$H_{\text{вх}}^{\text{р}\,n} = H_{\text{вых}\,n}^{\text{рв}} \tag{35.8}$$

Аналогичным образом происходят вычисления для любых фигур ГраФиС входящих в состав трафаретов НРС. Основным отличием их между собой является логика обработки входящих параметров.

6.4.3. Пример гидравлического расчета НРС в ГраФиС

Для примера гидравлического расчета рассмотрим сложную насосно-рукавную систему, представленную на рисунке рис. 380.

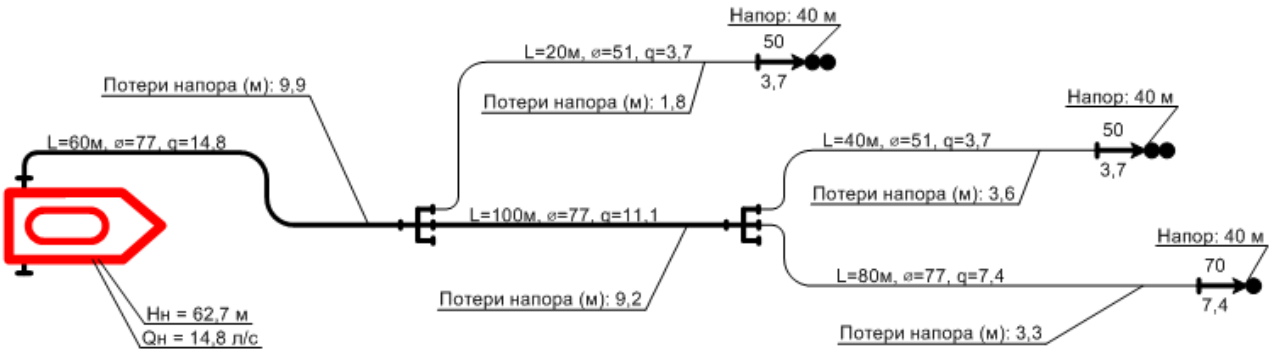


Рисунок 380 - Насосно-рукавная система рассчитанная при помощи пожарно-тактического метода

Данная схема составлена с использованием основных трафаретов ГраФиС. Отмеченные параметры НРС получены с использованием пожарно-тактического метода расчета.

Воспроизведем пошаговый процесс составления показанной схемы с использованием фигур из трафаретов НРС. Для этого, при помощи шаблона «Шаблон моделирование НРС с масштабом 200.vst» создадим новый документ Visio с подключенными трафаретами НРС.

Далее воспроизведем показанную на изображении рис. 380 схему с использованием фигур из трафаретов НРС. Напор на насосе автоцистерны примем равным 62,7м – значению, полученному при расчете НРС с помощью фигур основных трафаретов ГраФиС и пожарно-тактического метода.

При составлении схемы все связи в свойствах фигур НРС будут устанавливаться автоматически при соединении фигур, и расчеты будут выполняться автоматически по мере того, как будет составляться схема. При этом, важным моментом является то, что расход воды будет равен нулю до тех пор, пока не будут соединены рукавными линиями фигуры приборов подачи ОТВ и фигуры МСП (рис. 381). Соответственно и потери напора в рукавных линиях так же будут равны нулю.

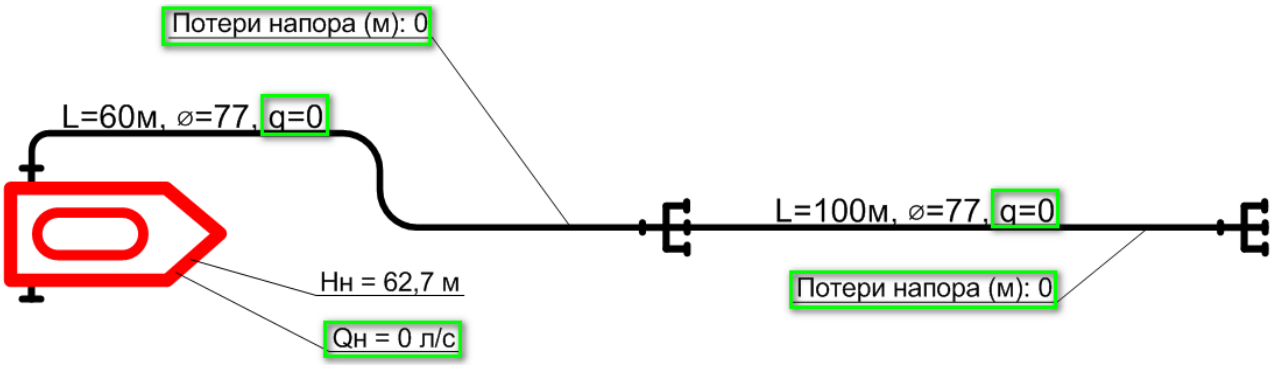


Рисунок 381 - Процесс составления НРС. Добавлены фигуры автоцистерны, магистральных рукавных линий и разветвлений

Как только в насосно-рукавную систему будет добавлен первый пожарный ствол, в рукавных линиях появится расход воды и будет запущен процесс расчета параметров системы и ее элементов (рис. 382).

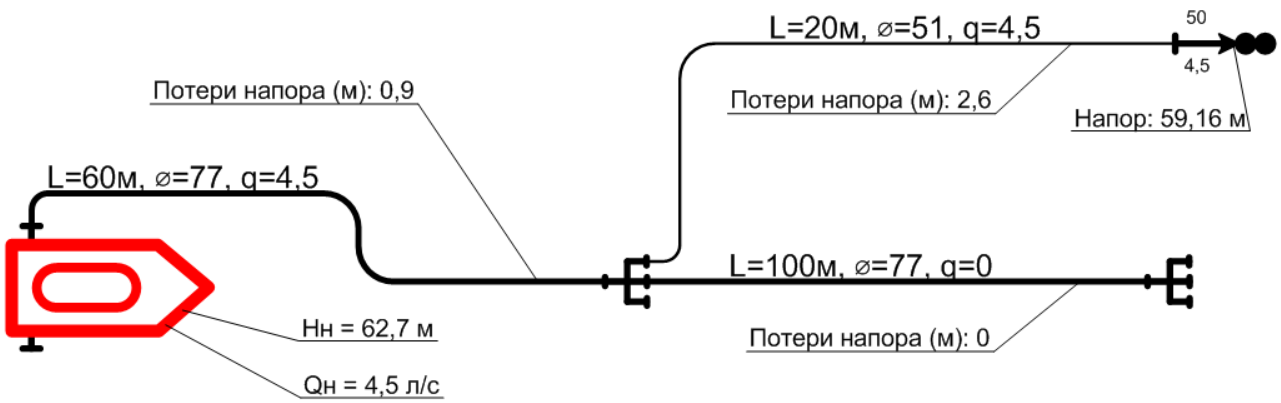


Рисунок 382 - Процесс составления НРС. Добавлены фигуры рабочей рукавной линии и пожарного ствола РС-50

Рассмотрим происходящие далее вычисления более подробно.

К моменту подключения рукавной линии с пожарным стволом, система находилась в стационарном состоянии, т.е. ее параметры имели постоянное значение, не изменяющееся во времени. Поэтому стартовыми значениями свойств фигур будут являться те, которые они имели на момент подключения.

Состояние НРС показанной на изображении рис. 382 можно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} Q_{\text{ств}} = p \cdot \sqrt{H_{\text{ств}}} \\ H_{\text{ств}} = H_{\text{рл}} \\ q_{\text{рл}} = Q_{\text{ств}} \\ h_{\text{рл}} = n_{\text{рл}} \cdot S_{\text{рл}} \cdot q_{\text{рл}}^2 \\ H_{\text{рл}} = H_{\text{р}} - h_{\text{рл}} \\ H_{\text{р}} = H_{\text{мл}} \\ q_{\text{р}} = q_{\text{рл}} \\ q_{\text{мл}} = q_{\text{р}} \\ h_{\text{мл}} = n_{\text{мл}} \cdot S_{\text{мл}} \cdot q_{\text{мл}}^2 \\ H_{\text{мл}} = H_{\text{н}} - h_{\text{мл}} \\ Q_{\text{н}} = q_{\text{мл}} \end{cases} \qquad (36)$$

где, $Q_{\text{ств}}$ – производительность пожарного ствола, л/с; p – коэффициент производительности (проводимость насадка) [22, с.62, 23, с.44]; $H_{\text{ств}}$ – напор перед стволом, м; $H_{\text{рл}}$ – напор на выходе из рабочей рукавной линии, м; $q_{\text{рл}}$ – расход через сечение рабочей рукавной линии, л/с; $h_{\text{рл}}$ – потери напора в рабочей рукавной линии, м; $S_{рл}$ – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20м в рабочей рукавной линии; $n_{рл}$ – количество пожарных рукавов в рабочей рукавной линии; $H_{\text{р}}$ – напор на выходе из рукавного разветвления, м; $q_{\text{р}}$ – расход воды через рукавное разветвление, л/с; $q_{\text{мл}}$ – расход воды через сечение рукавов магистральной рукавной линии, л/с; $h_{\text{мл}}$ – потери напора в магистральной рукавной линии, м; $S_{мл}$ – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20м в магистральной рукавной линии; $n_{мл}$ – количество пожарных рукавов в магистральной рукавной линии; $H_{\text{мл}}$ – напор на выходе из магистральной рукавной линии, м; $H_{\text{н}}$ – напор на насосе автоцистерны, м; $Q_{\text{н}}$ – производительность насоса автоцистерны, л/с;

В целом, данная система уравнений может быть решена аналитическим методом, однако, такой подход подразумевает составление своей системы уравнений для каждого вида НРС, что лишает процесс расчета гибкости, т.к. всевозможных комбинаций элементов НРС существует великое множество и составить систему уравнения для всех из них невозможно.

В ГраФиС для решения используется метод последовательных приближений, когда уравнения решаются циклически, каждый раз используя в качестве некоторых исходных данных полученные на прошлой итерации значения.

В момент подключения пожарного ствола к рукавной линии, его производительность равна 0л/с, поэтому расходы в рукавных линиях так же будут равны 0л/с. Таким образом состояние системы уравнений ф. 36 на первой итерации будет следующим:

$$\begin{cases} Q_{\text{ств}} = 0{,}588 \cdot \sqrt{62{,}7} = 4{,}656 \\ H_{\text{ств}} = 62{,}7 \\ q_{\text{рл}} = 0 \\ h_{\text{рл}} = 1 \cdot 0{,}13 \cdot 0^2 = 0 \\ H_{\text{рл}} = 62{,}7 - 0 = 62{,}7 \\ H_{\text{р}} = 62{,}7 \\ q_{\text{р}} = 0 \\ q_{\text{мл}} = 0 \\ h_{\text{мл}} = 3 \cdot 0{,}015 \cdot 0^2 = 0 \\ H_{\text{мл}} = 62{,}7 - 0 = 62{,}7 \\ Q_{\text{н}} = 0 \end{cases}$$

После первой итерации, производительность ствола составила 4,656л/с. На следующей итерации в качестве расходов через сечение рукавов будет использоваться это значение. Поскольку прибор подачи ОТВ в системе один, то и значение расхода в точках ветвления меняться не будет. Тогда по ее завершении, система уравнений, описывающая состояние НРС, примет следующий вид:

$$\begin{cases} Q_{\text{ств}} = 0{,}588 \cdot \sqrt{58{,}9} = 4{,}512 \\ H_{\text{ств}} = 58{,}9 \\ q_{\text{рл}} = 4{,}656 \\ h_{\text{рл}} = 1 \cdot 0{,}13 \cdot 4{,}656^2 = 2{,}82 \\ H_{\text{рл}} = 61{,}72 - 2{,}82 = 58{,}9 \\ H_{\text{р}} = 61{,}72 \\ q_{\text{р}} = 4{,}656 \\ q_{\text{мл}} = 4{,}656 \\ h_{\text{мл}} = 3 \cdot 0{,}015 \cdot 4{,}656^2 = 0{,}97 \\ H_{\text{мл}} = 62{,}7 - 0{,}97 = 61{,}72 \\ Q_{\text{н}} = 4{,}656 \end{cases}$$

После второй итерации производительность пожарного ствола составляет 4,512л/с. Таким образом, мы видим, что вычисления происходят циклически, постепенно приближаясь к большей точности. Итерации вычисления будут осуществляться до тех пор, пока разница между вычисляемыми на итерациях знамениями не станет меньше 0,001. Итоговое значение расхода после всех

итераций (когда система вновь примет стационарное состояние) составят 4,5226л/с. Прочие итоговые параметры НРС можно увидеть на изображении рис. 382. Для практических целей значения расхода, предоставляемые пользователю, округляются до десятых долей. В подписях напора значения округлены до сотых долей.

Аналогичным образом производится расчет при добавлении всех прочих элементов НРС. Итоговые параметры полностью рассчитанной с использованием гидравлического метода системы представлены на изображении рис. 383.

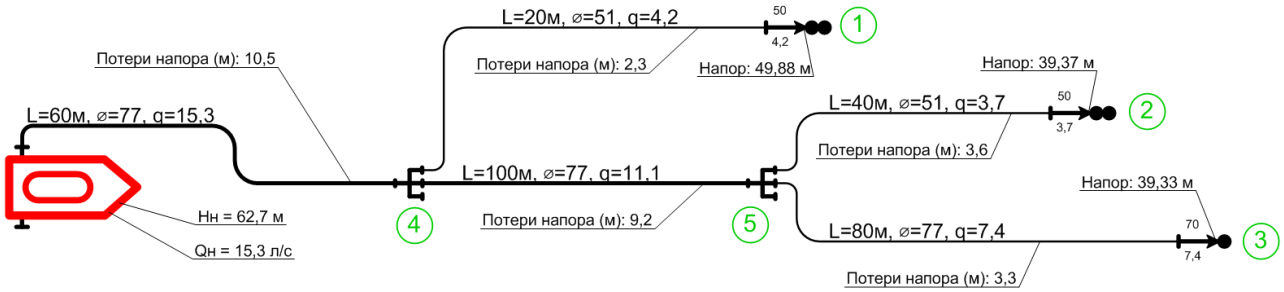


Рисунок 383 - Насосно-рукавная система рассчитанная при помощи гидравлического метода с использованием фигур трафаретов НРС

Сравнивая параметры НРС полученные расчетом с использованием фигур основных трафаретов (пожарно-тактический метод) и расчетом с использованием фигур трафаретов НРС (прямой расчет) можно отметить, что значения расходов из пожарных стволов отличаются. Если расходы из стволов 2 и 3 в целом имеют такие же значения, то расход из ствола 1 линии заметно больше – 4,2л/с против 3,7, т.е. на 0,5л/с больше. Это объясняется тем, что расстояние, которое требуется преодолеть воде по рукавным линиям до ствола 1 меньше чем до ствола 2 на 120м и до ствола 3 на 160м - на преодоление гидравлического сопротивления этих рукавных линий потребуется часть энергии движения жидкости, что приведет к потерям напора примерно равным 10м. Как итог - фактический напор на стволе 1 составляет 49,88м, т.е. примерно на 10м больше напора на стволах 2 и 3.

С точки зрения работы реальных насосно-рукавных систем на пожаре подобная ситуация говорит о том, что ствольщику, работающему со стволом 1 придется затрачивать больше сил на управление им. В отдельных случаях, при значительной разнице напоров на стволах в различных ветвях НРС могут складываться ситуации, когда напор и производительность отдаленных стволов будет минимальными, что не позволит обеспечить требуемых параметров подачи воды для тушения пожаров (расход, дальность компактной части струи) в то время как параметры подачи воды из стволов расположенных ближе к МСП

будут чрезвычайно высоки, что ведет к угрозе выхода из строя рукавов или стволов и травмированную личного состава.

Еще одной ситуацией возникновение которой может иметь место при расчете насосно-рукавных систем с использованием трафаретов НРС может быть случай, когда параметры элементов системы таковы, что расчет не может быть проведен вовсе. Причиной этого могут являться, например чрезмерно высокие потери напора в рукавных линиях, что приводит к тому, что напор на приборах подачи воды может принимать отрицательные значения.

В рассматриваемой насосно-рукавной системе заменим напорные рукава магистральной рукавной линии, проложенной между разветвлениями 4 и 5 рукавами диаметром 51мм (рис. 384).

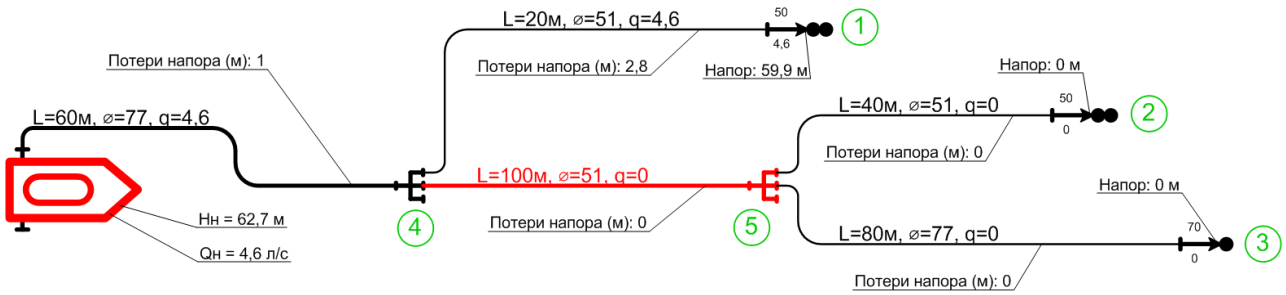


Рисунок 384 - Некорректная насосно-рукавная система

В этом случае, потери напора в магистральной рукавной линии будут слишком велики и итоговый напор на пожарных стволах 2 и 3 будет меньше 0. Расчет такой НРС средствами фигур трафаретов НРС невозможен. Для того чтобы обратить на это внимание пользователя она выделяется красным цветом. Насосно-рукавную систему следует пересмотреть – либо повысить напор на насосе автоцистерны, либо изменить параметры элементов НРС.

Все перечисленные выше случаи являются примерами некорректного составления насосно-рукавных систем, на которые следует обращать внимание при проведении практических расчетов, а также в процессе практической работы на пожарах.

6.5. Расчет параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания

Для представления фигур, связанных с силами и средствами газодымозащитной службы на пожаре предназначены фигуры создаваемые на основе мастеров, входящих в состав трафарета «ГДЗС». Основными фигурами являются «Звено ГДЗС (ДАСВ)» и «Звено ГДЗС (ДАСК)». Эти фигуры в целом

идентичны, различия заключаются в списках моделей дыхательных аппаратов и способе расчета параметров работы них.

В ГраФиС реализовано два способа расчета параметров работы:

- Непосредственно при указании свойств фигур «Звено ГДЗС» (п.6.5.2)
- С использованием специального калькулятора ГДЗС (п.6.5.3)

Методической основой механизма расчета параметров работы в СИЗОД служит методика, изложенная в Методических указаниях по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения от 05.08.2013 [30].

6.5.1. Получение сведений о параметрах звена ГДЗС

Основные свойства фигур «Звено ГДЗС» необходимые при составлении моделей боевых действий представлены на изображении рис. 385. Помимо показанных на этом изображении, фигуры «Звено ГДЗС» имеют ряд свойств связанных с расчетом параметров работы в СИЗОД. Их довольно много, а поскольку в большинстве случаев, при составлении моделей боевых действий, расчет параметров работы в СИЗОД не проводится, то для того, чтобы не путать пользователя обилием различных значений, они по умолчанию скрыты. Более подробно о них будет рассказано в разделе п.6.5.2.

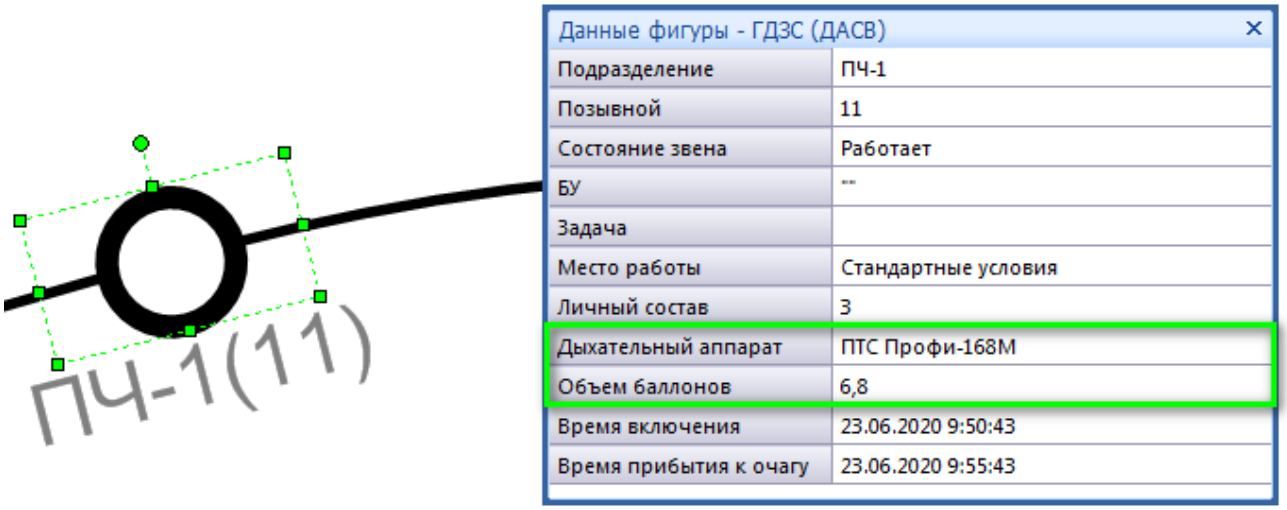


Рисунок 385 - Окно данных фигуры «Звено ГДЗС». Зеленым выделены свойства связаные с моделью СИЗОД

Помимо окна данных, сведения о параметрах работы звена ГДЗС можно получить из подписей фигуры (рис. 386).

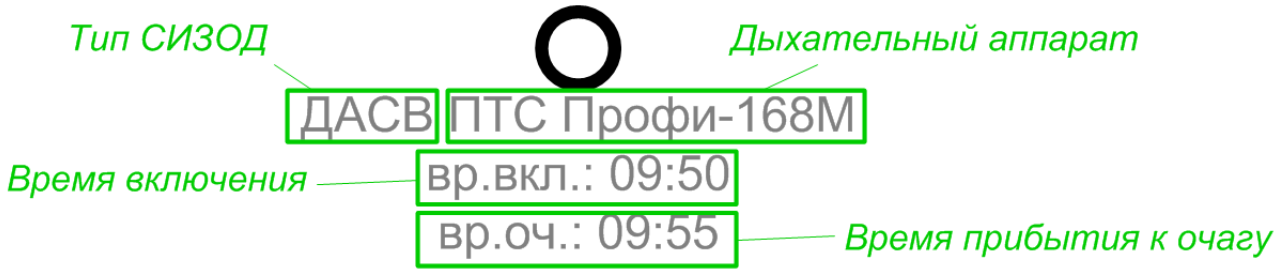


Рисунок 386 - Отображение свойств фигур «Звено ГДЗС» в подписях

Настроить перечень отражаемых в подписях фигуры характеристик можно воспользовавшись контекстным меню фигуры «Звено ГДЗС» (Рисунок 387 -).

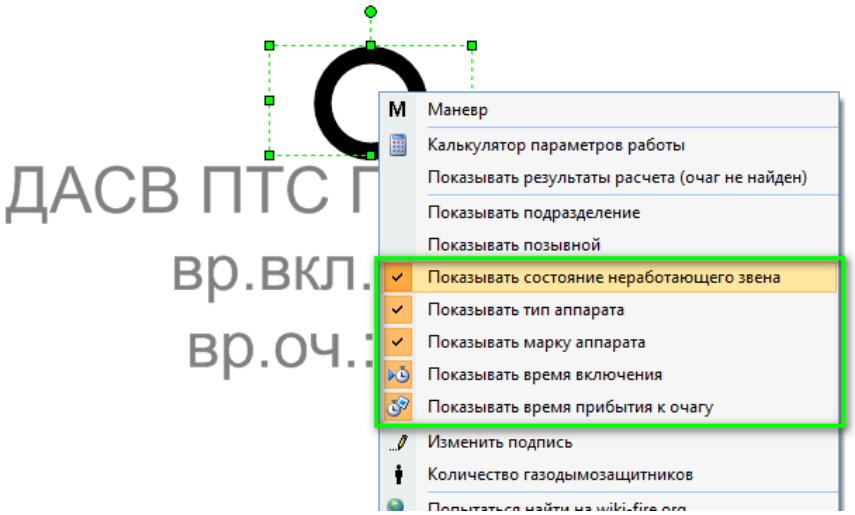


Рисунок 387 - Контекстное меню фигур «Звено ГДЗС»

Ключевым свойством фигур «Звено ГДЗС» является «Дыхательный аппарат» отражающее модель используемого СИЗОД (рис. 385). Выбор определенной модели ведет к изменению свойства «Объем баллонов» оказывающего непосредственное влияние на основной расчет.

Перечень моделей СИЗОД забирается из базы данных ГраФиС-Справочник. При этом списки моделей ДАСВ и ДАСК различаются. Просмотреть и изменить данные СИЗОД можно обратившись к формам «ДАСВ» и «ДАСК» раздела «Оснащение ГДЗС» базы данных ГраФиС-Справочник (рис. 388, рис. 389).

Навигация | ДАСВ

Дыхательные аппараты на сжатом воздухе

Модель:	Drager PA-94	Маска:	
Кол-во баллонов:	1	Спасательное устройство:	
Тип баллонов:	L 66C	Длина:	620
Объем баллонов:	6,8	Ширина:	320
Время защитного действия:	45	Высота:	150
Давление редуктора:	10	Масса:	
Избыточное давление:		Температура минимальная:	
Коэффициент сжимаемости:	1,1	Температура максимальная:	
		Ссылка на wiki-fire.org:	

Дата последнего изменения:

Модель	Кол-во балл	Тип баллонов	Объем баллонов	Время защитного действия	Давление редуктора	Из
Drager PA-94	1	L 66C	6,8	45	10	
АИР-300СВ	1	БК-7-300С	6,8	45	10	30
Аир-317	1	БК-7-300С	6,8	45	10	
АИР-98МИ-10	1	БГ-7,3-30	6,8	45	10	40
АИР-98МИ-100-101*	2	L 66C	13,6	90	10	
АИР-98МИ-10-11*	1	БГ-7,3-30	6,8	45	10	
АИР-98МИ-110-111*	1	L 58C	6	40	10	
АИР-98МИ-120	2	БК-4-300С	8	53	10	40
АИР-98МИ-120-121*	2	БК-4-300С	8	53	10	
АИР-98МИ-20	2	БК-4-300	8	53	10	40

Запись: 1 из 100 | Нет фильтра | Поиск

Рисунок 388 - Форма«ДАСВ» раздела «Оснащение ГДЗС» базы данных ГраФиС-Справочник. Зеленым выделены свойства используемые в фигурах звеньев ГДЗС

Навигация | ДАСК

Дыхательные аппараты на сжатом кислороде

Модель:	КИП-8	Подача легочно-автоматическая:	40
Кол-во баллонов:	1	Подача аврайнная:	40
Тип баллонов:		Давление легочного автомата:	200
Объем баллонов:	1	Давление избыточного клапана:	150
Время действия:	100	Длина:	450
Давление:	200	Ширина:	345
Емкость мешка:	4,2	Высота:	160
Кислорода:	200	Масса:	10
Масса поглотителя:	1,4	Температура минимальная:	-40
Подача постоянная:	1,2	Температура Максимальная:	60

Дата последнего изменения:

Модель	Кол-во балл	Тип баллон	Объем баллс	Время дейс	Давление	Емкость ме	Кислорода	Масса погл	Подача пос
КИП-8	1		1	100	200	4,2	200	1,4	1,2
УРАЛ-7	1		2	240	200	5	400		1,3
УРАЛ-10	1		2	240	200	4,5	400		1,3
Р-30М	1		2	240	200	4,5	400		1,4
РВЛ-1	1		1	120	200	4	200	1,3	1,4
Р-12	1		2	240	200	4,5	400	2	1,4
Р-12М	1		2	240	200	4,5	400	2	1,4
Р-30	1		2	240	200	5	400	2,1	

Запись: 1 из 9 | Нет фильтра | Поиск

Рисунок 389 - Форма«ДАСК» раздела «Оснащение ГДЗС» базы данных ГраФиС-Справочник. Зеленым выделены свойства используемые в фигурах звеньев ГДЗС

Значение свойства «Объем баллонов» забирается из базы данных всякий раз при изменении модели СИЗОД в свойстве «Дыхательный аппарат». При этом оно равно суммарному объему использованных в СИЗОД баллонов для воздуха (или кислорода):

$$V_{ДА} = n_б \cdot V_б \qquad (37)$$

где, $V_{ДА}$ – общий объем баллонов СИЗОД, л; $n_б$ – количество баллонов; $V_б$ – объем одного баллона СИЗОД.

6.5.2. Расчет свойств фигур звеньев ГДЗС

Как правило, при составлении моделей боевых действий расчет параметров работы в СИЗОД не проводится, однако, фигуры «Звено ГДЗС» все же располагают требуемым для этого функционалом и набором соответствующих расчетных свойств. Чтобы не путать пользователя обилием разнообразной и не нужной ему информации, эти свойства по умолчанию скрыты. Для того, чтобы показать их следует воспользоваться командами «Показывать результаты расчета (очаг не найден)» и «Показывать результаты расчета (очаг найден)» контекстного меню фигуры «Звено ГДЗС» (рис. 390).

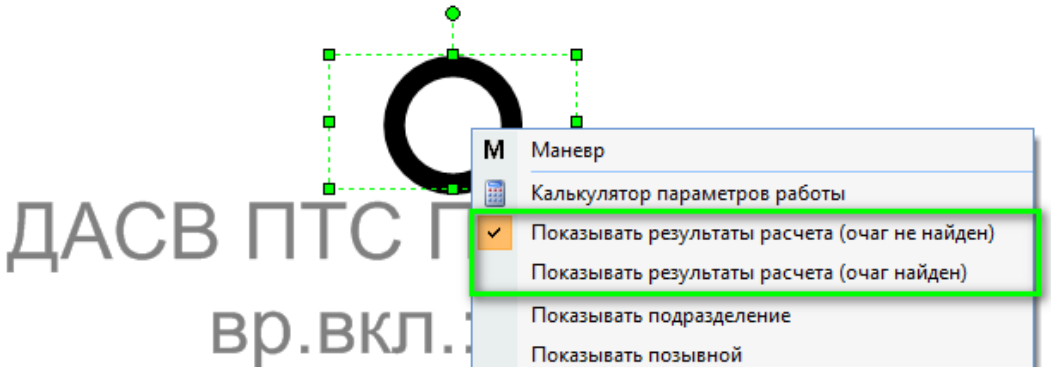


Рисунок 390 - Контекстное меню фигуры «Звено ГДЗС» с командами отображения дополнительных свойств

При включении опции «Показывать результаты расчета (очаг не найден)» перечень свойств фигуры «Звено ГДЗС» дополняется свойствами, отражающими параметры работы звена ГДЗС в СИЗОД для случая, если очаг пожара не найден. Так же в контекстном меню появляется команда «Показывать результаты расчета (очаг найден)», которая в противном случае скрыта. При включении опции «Показывать результаты расчета (очаг найден)» перечень свойств фигуры «Звено ГДЗС» расширяется еще больше и дополняется свойствами, отражающими параметры работы звена ГДЗС для случая, если очаг пожара будет найден.

При включении обоих этих свойств окно данных фигуры «Звено ГДЗС» принимает вид показанный на изображении (рис. 391).

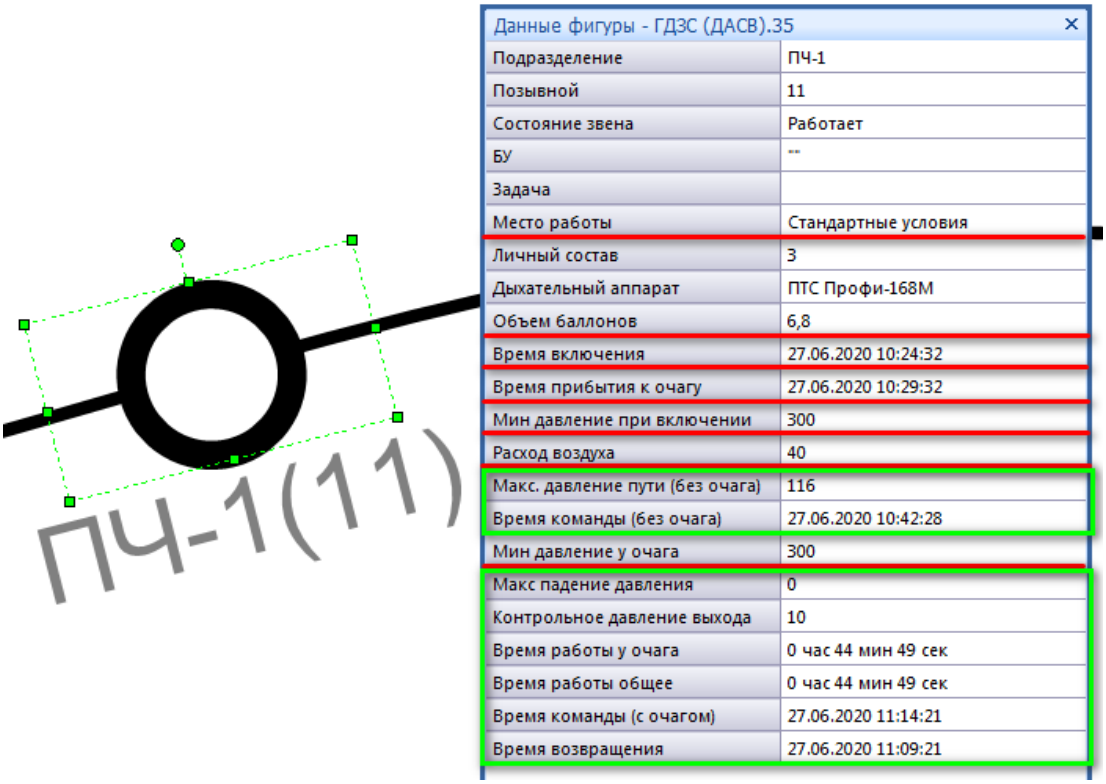


Рисунок 391 - Окно данных фигуры «Звено ГДЗС» при включенных опциях отображения результатов расчета

Исходными параметрами расчета и соответствующими им свойствами являются:

- «Место работы». Условия, в которых работает звено ГДЗС. Принимает два значения – «Стандартные условия» и «Сложные условия». Согласно Методическим указаниям [30], к сложным условиям работы относятся работы в подземных сооружениях метрополитена, подвалах со сложной планировкой, трюмах кораблей, зданиях повышенной этажности. Стандартными считаются все прочие
- «Объем баллонов». Расчетный объем баллонов СИЗОД, л
- «Время включения». Время включения газодымозащитников в дыхательные аппараты. Указывается в формате {{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}
- «Время прибытия к очагу». Время, в которое звено ГДЗС прибыло к месту работы. Указывается в формате {{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}

- «Мин давление при включении». Минимальное давление в аппаратах газодымозащитников звена при включении в дыхательные аппараты, атм.
- «Минимальное давление у очага» Минимальное давление в аппаратах газодымозащитников звена по прибытии к месту пожара, атм.
- «Расход воздуха». Средний расход воздуха, л/мин. По умолчанию равен 40 л/мин для ДАСВ и 2 л/мин для ДАСК (в соответствии с методическими указаниями), но пользователь имеет возможность указать иные значения. При выборе значений рекомендуется пользоваться таблицей 2 из приложения 10 и таблицей Г из приложения 11 к Методическим рекомендациям по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы федеральной противопожарной службы МЧС России [31].

Расчетными свойствами являются:

- «Максимальное давление пути (без очага)». Давление, которое газодымозащитники звена могут максимально израсходовать при следовании к очагу пожара (месту работы) в случае, если очаг не будет найден, атм
- «Время команды (без очага)». Время подачи команды постовым на возвращение звена ГДЗС из НДС, если очаг не найден. Указывается в формате {{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}
- «Макс падение давления». Максимальное падение давления в баллонах при движении к очагу, атм
- «Контрольное давление выхода». Контрольное давление, при котором звену ГДЗС необходимо выходить из непригодной для дыхания среды, атм
- «Время работы у очага». Время работы личного состава у очага в формате {{H час m мин s сек}}
- «Время команды (с очагом)». Время подачи постовым на посту безопасности команды на прекращение работы у очага пожара и выход из непригодной для дыхания сред. Указывается в формате {{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}
- «Время работы общее» Общее время работы звена в непригодной для дыхания среде в формате {{H час m мин s сек}}
- «Время возвращения». Ожидаемое время возвращения звена ГДЗС. Указывается в формате {{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}

Свойства «Максимальное давление пути (без очага)» и «Время команды (без очага)» вычисляются всегда, но их значения следует учитывать только в том случае, если очаг пожара не найден.

Значение свойства «Максимальное давление пути (без очага)» $P_{max.\text{пад}}^{\text{БО}}$ вычисляется согласно формуле [30]:

$$P_{max.\text{пад}}^{\text{БО}} = \frac{\left(P_{min.\text{вкл}} - P_{\text{уст.раб}}\right)}{K_{\text{зап}}^{\text{БО}}} \qquad (37.1)$$

где, $P_{min.\text{вкл}}$ – наименьшее в составе звена ГДЗС значение в баллонах при включении (атм.), свойство «Мин давление при включении»; $P_{\text{уст.раб}}$ – давление воздуха (кислорода), необходимое для устойчивой работы редуктора (атм.), забирается из базы данных ГраФиС-Справочник, но пользователю не представляется. Как правило для ДАСВ $P_{\text{уст.раб}} = 10$ атм, для ДАСК $P_{\text{уст.раб}} =$ от 10 до 30атм; $K_{\text{зап}}^{\text{БО}}$ – коэффициент учитывающий необходимый запас воздуха (кислорода) на обратный путь с учетом непредвиденных обстоятельств, для проведения спасания людей, необходимости дегазации, дезактивации специальной защитной одежды. зависит от значения свойства «Место работы» При стандартных условиях работы $K_{\text{з}}^{\text{БО}} = 2{,}5$, при работе в сложных условиях $K_{\text{з}}^{\text{БО}} = 3$.

Значение свойства «Время команды (без очага)» $T_{\text{вых}}^{\text{БО}}$ вычисляется следующим образом:

$$T_{\text{вых}}^{\text{БО}} = T_{\text{вкл}} + \frac{P_{max.\text{пад}}^{\text{БО}} \cdot V_{\text{б}}}{q \cdot K_{\text{сж}}} \qquad (37.2)$$

где, $T_{\text{вкл}}$ – время включения Время включения газодымозащитников в дыхательные аппараты. Свойство «Время включения»; $V_{\text{б}}$ – объем баллонов, л. Свойство «Объем баллонов»; q – средний расход воздуха, л/мин. Свойство «Расход воздуха»; $K_{\text{сж}}$ – коэффициент сжимаемости воздуха. Для ДАСВ принимается 1,1, для ДАСК – 1.

Следующие свойства следует рассматривать только в случае, если очаг был найден.

Значение свойства «Макс падение давления» определяется как максимальное значение разницы давлений при включении и прибытии к очагу между давлениями в баллонах дыхательных аппаратов газодымозащитников звена:

$$P_{max.\text{пад}}^{\text{О}} = \max(P_{i\ \text{вкл}} - P_{i\ \text{оч}}) \qquad (37.3)$$

где, $P_{i\ \text{вкл}}$ – значение давления в баллонах дыхательного аппарата при включении i-го газодымозащитника, атм.; $P_{i\ \text{оч}}$ - значение давления в баллонах дыхательного аппарата при i-го газодымозащитника по прибытии к очагу пожара, атм.

В версии ГраФиС-Тактик 12.1.0 у пользователя нет возможности вносить изменения в значение данного свойства непосредственно в окне «Данные фигуры». Для его вычисления следует указать все значения давлений в дыхательных аппаратах газодымозащитников, воспользовавшись формой «Калькулятор показателей работы в СИЗОД» (п.6.5.3), после чего значение будет вычислено автоматически.

Значение свойства «Контрольное давление выхода» $P_{\text{к.вых}}$ (атм.) определяется с использованном выражения:

$$P_{\text{к.вых}} = P^{0}_{max.\text{пад}} \cdot K^{0}_{\text{зап}} + P_{\text{уст.раб}} \qquad (37.4)$$

где, $K^{0}_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса воздуха (кислорода) на непредвиденные обстоятельства. Определяется значением свойства «Место работы». Для простых условий $K^{0}_{\text{зап}} = 1{,}5$, для сложных условий $K^{0}_{\text{зап}} = 2$.

Значение свойства «Время работы у очага» $\Delta T^{0}_{\text{раб}}$ (Ч час М мин С сек) определяется следующим образом:

$$\Delta T^{0}_{\text{раб}} = \frac{(\min(P_{i\ \text{оч}}) - P_{\text{к.вых}}) \cdot V_{\text{б}}}{q \cdot K_{\text{сж}}} \qquad (37.5)$$

Значение свойства «Время команды (с очагом)» $T^{0}_{\text{вых}}$ вычисляется следующим образом:

$$T^{0}_{\text{вых}} = T_{\text{оч}} + \Delta T^{0}_{\text{раб}} \qquad (37.2)$$

где, $T_{\text{оч}}$ – время в которое звено ГДЗС прибыло к очагу пожара. Свойство «Время прибытия к очагу»

Наконец, свойства «Время работы общее» и «Время возвращения» вычисляются в любом случае и представляют интерес не зависимо от того, был обнаружен очаг пожара или нет.

Свойство «Время работы общее» отражает общее возможное время работы звена и соответствует времени работы газодымозащитника в баллонах

дыхательного аппарата которого наименьшее давление при включении в СИЗОД. Вычисляется значение свойства «Время работы общее» по формуле:

$$\Delta T_{\text{общ}} = \frac{\left(\min(P_{i\ \text{вкл}}) - P_{\text{уст.раб}}\right) \cdot V_{\text{б}}}{q \cdot K_{\text{сж}}} \qquad (37.6)$$

Наконец, свойство «Время возвращения» показывает время до которого звено ГДЗС должно выйти из непригодной для дыхания среды. Его значение вычисляется следующим образом:

$$T_{\text{вых}} = T_{\text{вкл}} + \Delta T_{\text{общ}} \qquad (37.7)$$

Таким образом, пользователь имеет возможность изменяя модель дыхательного аппарата, время включения звена и прибытия к очагу пожара, а так же условия работы проводить быстрые вычисления параметров работы звена ГДЗС в непригодной для дыхания среде.

6.5.3. Расчет при помощи встроенного калькулятора ГДЗС

В случае, если требуется провести более детальные расчеты параметров работы звена ГДЗС в НДС определив параметры дыхательных аппаратов для каждого газодымозащитника, следует воспользоваться более развитым калькулятором ГДЗС (рис. 392). Данный калькулятор встроен в ГраФиС и позволяет проводить полный спектр расчетов параметров работы в СИЗОД, передавая по итогам расчета значения в свойства фигур «Звено ГДЗС».

Калькулятор показателей работы в СИЗОД

СИЗОД

Модель СИЗОД:

АП Омега-Север-1-П68	6,8
АП Омега-Север-1-С68	6,8
АП Омега-Север-2-S47	9,4
АП Омега-Север-2-S6	12
АП Омега-Север-2-S68	13,6
АП Омега-Север-2-М4	8
АП Омега-Север-2-П68	13,6
АП-2000-1	6,8
АП-2000-2	6,8
АП-2000-3	9
АП-2000-4	9
АП-96М(1)	6
АП-96М(2)	8
АП-98	9,4
АП-98-7К	7
АСВ-2	8
ПТС Авиа-140М	4
ПТС Авиа-240М	8
ПТС Базис-168А	6,8
ПТС Базис-168М	6,8
ПТС Базис-168Р	6,8
ПТС Базис-168Рн-у	6,8
ПТС Базис-168Рп	6,8
ПТС Базис-168Ру	6,8
ПТС Базис-240М	8
ПТС Базис-268Рн-у	13,6
ПТС Базис-268Рп	13,6
ПТС Профи-140Т	4
ПТС Профи-168А	6,8
ПТС Профи-168К	6,8
ПТС Профи-168Л	6,8
ПТС Профи-168М	6,8

Объем баллона(ов): 6,8

Коэффициент сжимаемости воздуха: 1,1

Давление для работы редуктора: 10

Показатели работы газодымозащитников

Время включения: 09:50:43

Время прибытия к очагу: 09:55:43

Условия работы: Стандартные условия

Расход воздуха: 40

Состав звена ГДЗС

		Газодымозащитники	Давление в баллонах, атм: При включении	Давление в баллонах, атм: У очага	Затрачено на путь к очагу, атм
Командир звена	☑	Командир звена	285	250	35
Газодымозащитник #1	☑	Газодымозащитник 1	280	240	40
Газодымозащитник #2	☑	Газодымозащитник 2	290	260	30
Газодымозащитник #3	☐	Газодымозащитник 3	300	300	0
Газодымозащитник #4	☐	Газодымозащитник 4	300	300	0
Газодымозащитник #5	☐	Газодымозащитник 5	300	300	0
			минимум	минимум	максимум
			280	240	40

Результаты расчета

Очаг НЕ обнаружен

Максимально допустимое падение давления: 108

Давление при которм необходимо выходить: 172

Времени до подачи команды на возвращение: 16,68

Время подачи команды постовым: 10:07:23

Очаг ОБНАРУЖЕН

Общее время работы: 41,73

Ожидаемое время возвращения: 10:32:26

Контрольное давление: 70

Время работы у очага: 26,27

Время подачи команды постовым: 10:21:59

Показать результаты ☑

ОК

Отмена

Рисунок 392 - Окно «Калькулятор показателей работы в СИЗОД»

Для отображения окна «Калькулятор показателей работы в СИЗОД» (далее – калькулятор ГДЗС) следует воспользоваться командой «Калькулятор параметров работы» (рис. 393).

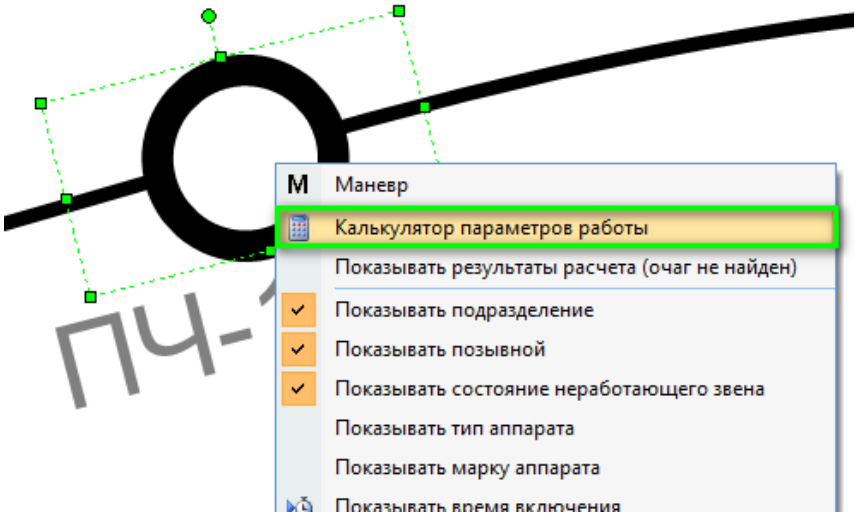


Рисунок 393 - Команда «Калькулятор параметров работы» контекстного меню фигуры «Звено ГДЗС»

Окно калькулятора ГДЗС состоит из следующих блоков:

- «СИЗОД»
- «Показатели работы газодымозащитников»
- «Состав звена ГДЗС»
- «Результаты расчета»

В блоке «СИЗОД» пользователь может указать модель используемых газодымозащитниками звена дыхательных аппаратов. В соответствии с выбранной моделью из базы данных ГраФиС забираются значения объема баллонов, коэффициента сжимаемости воздуха и давления требуемого для работы редуктора дыхательного аппарата. Перечень моделей дыхательных аппаратов зависит от того какой тип СИЗОД используется звеном – ДАСВ или ДАСК. Подробнее о работе с данными о параметрах СИЗОД в базе данных ГраФиС-Справочник рассказывалось в разделе п.6.5.1.

В блоке «Показатели работы газодымозащитников» пользователь может указать сведения связанные с особенностями работы звена в целом, а именно:

- Время включения в СИЗОД
- Время прибытия к очагу пожара
- Условия работы (стандартные или сложные)
- Средний расход воздуха (по умолчанию – 40 л/мин)

В блоке «Состав звена ГДЗС» пользователь может конкретизировать параметры работы дыхательного аппарата каждого из газодымозащитников, а также при необходимости указать имена газодымозащитников. Среди параметров работы отмечаются давление в баллонах СИОЗД при включении и по прибытии к очагу. Давление, затраченное на путь к очагу, вычисляется автоматически как разница между давлением при включении и по прибытии к очагу пожара для каждого из газодымозащитников. В этом же блоке вычисляются минимальное значение давления в дыхательных аппаратах газодымозащитников при включении и по прибытии к очагу пожара, а также максимальное падение давления.

В блоке «Результаты расчета» отображаются итоговые значения параметров работы звена ГДЗС в соответствии с указанными в прочих блоках исходными условиями. Перечень вычисляемых параметров соответствует методическим указаниям [30].

Все расчетные значения автоматически пересчитываются при изменении любого из параметров работы звена. По окончании расчетов, при закрытии окна «Калькулятор показателей работы в СИЗОД» все полученные расчетом значения

передаются в фигуру «Звено ГДЗС» из контекстного меню которой оно было вызвано.

Пользователь может указать, что по закрытии окна следует отобразить все скрытые расчетные свойства фигуры «Звено ГДЗС». Для этого следует включить опцию «Показывать результаты», расположенную в нижнем левом углу окна «Калькулятор показателей работы в СИЗОД».

Вычисление расчетных параметров работы звена ГДЗС осуществляется в соответствии с формулами, приведенными в разделе п.6.5.2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теребнев В.В. Расчет параметров развития и тушения пожаров (Методика. Примеры. Задания) – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2012. – 460с.

2. В.Иванников, П.Клюс, "Справочник руководителя тушения пожара", Москва, Стройиздат, 1987.;

3. Д.В. Тараканов, И.Ф. Саттаров, Компьютерная модель ликвидации пожаров для тактической подготовки пожарных.// Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" ("http://ipb.mos.ru/ttb"), 6(58), 2014.

4. Теребнев В.В., Смирнов В.А., Семенов А.О. Пожаротушение (Справочник). 2-е издание. – Екатеринбург: ООО «Издательство Калан», 2012. – 472 с.

5. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О пожарной безопасности"

6. Малютин, О.С. Объектно-ориентированный подход к компьютерному моделированию оперативно-тактических действий пожарной охраны при тушении пожаров / Малютин О.С. // Научно-аналитический журналл «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №5.-С.46-52.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_46-52.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

7. Теребнев В.В. Пожарная тактика. Книга 5. Пожаротушение. Часть 1. Здания. – Екатеринбург: ООО «Издательство Калан», 2016 – 164 с.

8. Теребнев В.В. Пожарная тактика. Книга 4. Управление. – Екатеринбург: ООО «Издательство Калан», 2016 – 156 с.

9. ГОСТ 12.1.184-82. Пожарные машины и оборудование. Обозначения условные графические.

10. Справочник руководителя тушения пожара гарнизона пожарной охраны города Москвы /. — М.:, 2010..

11. В.И. Самойлов, К.М. Сосновский, Г.И. Костриков Пожарная тактика, справочное пособие / В.И. Самойлов — Иркутск, ВСИ МВД РФ, 1999.

12. А.В. Подгрушный и. пр. Методические указания к решению тактических задач по теме 'Основы построения схем подачи огнетушащих средств к месту пожара /А.В. Подгрушный — МосквaАГПС МЧ РФ, 2005.

13. IT на стройке. Как базы данных моделируют дома по всей России. Подкаст. Журнал Яндекс Практикума «Код» Режим доступа: https://vk.com/podcast-179664673_456239062

14. Eastman, Chuck; Tiecholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.).. — Hoboken, New Jersey: John Wiley. — 2011.

15. ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные

16. Джон Б. Фен. Машины, Энергия, Энтропия / Ю. Г. Рудой. — Издательство «МИР», 1986. — 333 с.

17. Малютин О.С. Проблемы использования принятого в пожарной тактике метода построения прогнозируемой площади пожара / Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2016. № 1 (1). С. 7-13.

18. Наумов А.В. Сборник задач по основам тактики тушения пожаров: учебное пособие / А.В. Наумов, Ю.Самохвалов, А.О. Семенов; под общ. ред. М.М. Верзилина. – Иваново: ИвИ ГПС МЧС России, 2008. – 184 с.;

19. Малютин, О.С. Проблемы использования принятого в пожарной тактике метода построения прогнозируемой площади пожара / Малютин О.С. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №1.-С.7-13.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

20. Разливанов И.Н., Математическое моделирование процессов развития и пожаротушения в условиях ограниченности сил и средств // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург 2009.

21. Субачев С.В., Субачева А.А. Имитационное моделирование развития и тушения пожаров в системе подготовки специалистов противопожарной службы // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Всероссийский институт научной и технической информации РАН, №2, 2008, стр.102-106.

22. Качалов А.А. и др. Противопожарное водоснабжение: Учеб. Для пожарно-техн. Училищ / А.А. Качалов, Ю.В. Воротынцев, А.В. Власов. – М.: Стройиздат, 1985-286 с., ил.

23. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. – М.: Пожнаука, 2013. – 352с.

24. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ"

25. Малютин О.С. Определение расчетных значений расхода воды из современных универсальных ручных пожарных стволов с кольцевыми распыляющими насадками // Техносферная безопасность. Научный электронный журнал (УрИ ГПС). – Вы3 (16). – 2017. – http://uigps.ru/sites/default/files/jyrnal/ТБ%203%20(16)/ТБ%203%20(16).pdf

26. Малютин, О.С. Прямой и обратный методы расчета насосно-рукавных систем / Малютин О.С., Васильев С.А., Осавелюк П.А. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2019, №3.-С.54-60.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2019/v3/N14_54-60.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

27. Малый В.П, Масаев В.Н., Вдовин О.В., Муховиков Д.В. Противопожарное водоснабжение. Насосно-рукавные системы: учебное пособие для слушателей, курсантов и студентов Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России / - Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасатсльная академия ГПС МЧС России. 2017.- 131 с.

28. Абросимов Ю. Г., Жучков В. В., Мышак Ю. А., Пименов А. А., Карасёв Ю. Л., Фоменко В. Д. Противопожарное водоснабжение: Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2008.-310 с.

29. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.

30. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и зрения (утверждены заместителем Министра МЧС России, генерал-полковником внутренней службы Чуприяном А.от 5 августа 2013 года)

31. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы федеральной противопожарной службы МЧС России. утв.30.06.2008.

32. ГОСТ Р 53255-2009 Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний

33. ГОСТ Р 53256-2009 Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым кислородом с замкнутым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний

34. Приказ МЧС России от 25 октября 2017 г. № 467 "Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах"

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Описание формата даты/времени

В данной книге для представления значений в формате даты и (или) времени использованы правила записи таких данных в MS Visio. Для визуального отделения текста все форматы дат и времени берутся в двойные фигурные скобки: «{{…}}», так как это используется в MS Visio.

Формат дат:

Знак	Описание
d	Заполнитель для дня. Отображает день в виде числа без начального нуля (1—31).
dd	Заполнитель для дня. Отображает день в виде числа с начальным нулем (01—31).
ddd или w	Заполнитель для краткого названия дня недели. Отображает сокращенное название дня недели (Пн — Вс).
dddd или ww	Заполнитель для длинного названия дня недели. Отображает полное название дня недели (понедельник — воскресенье).
ddddd	Заполнитель для краткого формата даты. Отображает дату в кратком формате, определенном в параметрах окна Язык и региональные стандарты системы (на панели управления).
dddddd	Заполнитель для длинного формата даты. Отображает дату в длинном формате, определенном в параметрах окна Язык и региональные стандарты системы (на панели управления).
M	Заполнитель для месяца. Отображает месяц в виде числа без начального нуля (1—12). См. также m (заполнитель для минут).
MM	Заполнитель для месяца. Отображает месяц в виде числа с начальным нулем (01—12). См. также mm (заполнитель для минут).
MMM	Заполнитель для месяца. Отображает сокращенное название месяца (янв — дек).
MMMM	Заполнитель для месяца. Отображает полное название месяца (январь — декабрь).
yy	Заполнитель для года. Отображает год в виде двузначного числа (00—99).
yyyy	Заполнитель для года. Отображает год в виде четырехзначного числа (1900—2078).

Формат времени:

Знак	Описание
h	Заполнитель для часа. Отображает час в 12-часовом формате без начального нуля (0—12).
hh	Заполнитель для часа. Отображает час в 12-часовом формате с начальным нулем (00—12).
H	Заполнитель для часа. Отображает час в 24-часовом формате без начального нуля (0—24).
HH	Заполнитель для часа. Отображает час в 24-часовом формате с начальным нулем (00—24).
m	Заполнитель для минут. Отображает минуты без начального нуля (0—59).
mm	Заполнитель для минут. Отображает минуты с начальным нулем (00—59).
s	Заполнитель для секунд. Отображает секунды без начального нуля (0—59).
ss	Заполнитель для секунд. Отображает секунды с начальным нулем (00—59).
t	Сокращение для времени до и после полудня. Отображает сокращение, определенное в параметрах окна **Язык и региональные стандарты** системы (на панели управления).
tt	Обозначение для времени до и после полудня. Отображает полное обозначение, определенное в параметрах окна **Язык и региональные стандарты** системы (на панели управления).

Примеры:

Выражение	Результат
{{dd.MM.yyyy H:mm:ss}}	01.06.2020 05:10:25
{{H час m мин s сек}}	0 час 44 мин 35 сек
{{d.M.yy}}	1.6.20
{{d MMMM yy}}	1 июня 20