

*В.М. Комяк, д-р техн. наук, профессор, НУГЗУ,  
Р.В. Романов, соискатель, НУГЗУ*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ГИДРАНТОВ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

В работе рассмотрены методы математического и компьютерного моделирования рационального размещения пожарных гидрантов, позволяющие в зависимости от требований практики выбирать соответствующий алгоритм моделирования, повышая тем самым оперативность принятия решения по оценке противопожарной защиты зданий районов городов

**Ключевые слова:** математическое и компьютерное моделирование, пожарный гидрант, практические требования

**Постановка проблемы.** За многие тысячелетия борьбы человечества с пожарами наиболее эффективным и надежным огнетушащим веществом была и остается вода. Источниками противопожарного водоснабжения являются пожарные гидранты (ПГ), установленные на водопроводах города, естественные (реки, озера, ...) и искусственные (колодцы, резервуары, ...) водоисточники.

Следует учитывать, что чрезмерная удаленность ПГ от зданий, сооружений и недостаточное их количество приводят в некоторых случаях к тому, что работа по тушению пожаров значительно усложняется, а иной раз становится невозможной. В таких неблагоприятных условиях пожары могут приводить к большим убыткам. С другой стороны, избыточное количество ПГ приводит к необоснованным тратам на их обслуживание. В связи с этим большое значение приобретают вопросы оптимизации количества и мест размещения пожарных гидрантов в районах городов.

Одним из важных классов задач, направленных на снижение материальных и других видов ресурсов, является класс задач геометрического проектирования. К этому классу относится задача оптимального размещения геометрических объектов, являющаяся математической моделью размещения гидрантов в районе города.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В настоящее время требования к проектированию централизованных постоянных внешних систем водоснабжения населенных пунктов и объектов народного хозяйства изложены в СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [1].

Недостатком [1] есть то, что в них указана нормированная дли-

на прокладки рукавных линий (при наличии автонасосов до 200м) от пожарного гидранта до защищаемого здания, но отсутствует методика рационального размещения пожарных гидрантов около любого здания, сооружения или его части.

В статье [2] автор, руководствуясь требованиями, изложенными в [1], предлагает методику размещения ПГ на водопроводных сетях.

В данной методике автор предлагает:

1. Определять радиус действия ПГ, т.е. расстояние, в котором учитывается предельная длина прокладки линии, включающая горизонтальную, вертикальную составляющие и дальность вылета струи из пожарного ствола.

2. Находить наибольшее расстояние между ПГ, которое зависит от радиуса действия гидранта, от количества одновременно действующих гидрантов, от их взаимного расположения.

Недостатком методики является отсутствие подхода к определению рационального количества и оптимальных мест размещения ПГ на водопроводной сети, т.е. отсутствует оптимизация перечисленных параметров.

**Постановка задачи и ее решение.** В данной статье рассматривается следующая задача. Пусть задана некоторая область в  $R^2$ . В области расположены многоугольники  $S_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (здания) без взаимного пересечения и задана некоторая ломаная  $H_0, H_1, \dots$  (сеть водопровода). Рассмотрим область без многоугольников  $S_0 \setminus \bigcup_i S_i$ , которая является многосвязной.

Рассмотрим объект  $S_i \in \{S_i\}$ . Проведем сеть  $L$  в многосвязной области  $S_0 \setminus \bigcup_i S_i$  следующим образом. Пусть вершина сети (местоположение ПГ -  $(x_j, y_j)$ ) принадлежит ломаной  $H_0, H_1, \dots$ . Положение  $A_j(x_j, y_j)$  ПГ выбирается на ломаной так, чтобы сеть, выходящая из точки  $(x_j, y_j)$ , охватывала объект  $S_i$  при условии ограничения на длину образованной петли (рис.1).

Обозначим через  $l_i(p)$  длину построенной сети (петли  $A_j, A_k, A_{k+1}, A_{k+2}, A_{k+3}, A_j$ ).

Тогда сформулированное выше ограничение запишется следующим образом

$$l_i(p) \leq 2L_i, \quad (1)$$

где  $2L_i$  - максимально допустимая длина петли для объекта  $S_i$ ,  $L_i$  - максимально-допустимое расстояние от объекта  $S_i$  до точки на ломаной  $H_0, H_1, \dots$

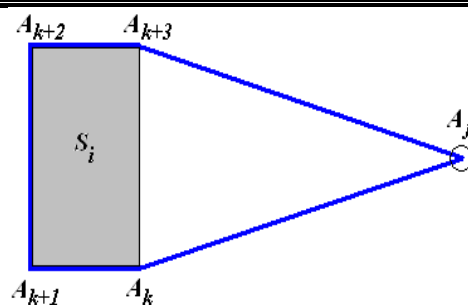


Рис. 1 – Охват петлей  $A_j, A_k, A_{k+1}, A_{k+2}, A_{k+3}, A_j$  объекта  $S_i$

Возникает следующая задача. Необходимо найти минимальное количество ПГ и разместить их на ломаной  $H_0, H_1, \dots$  так, чтобы сеть, проведенная в многосвязной области и огибающая объекты  $S_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), удовлетворяла следующим условиям: длина кратчайшего пути по сети от любой граничной точки многоугольника  $S_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) до ближайшего ПГ, расположенного на ломаной, не превышала соответствующего максимально-допустимого расстояния  $L_i$ .

Другими словами, необходимо в многосвязной области построить сеть с минимальным количеством вершин, размещенных на некоторой ломаной, с ограничением на длину его ребер. В задаче могут присутствовать ряд дополнительных ограничений.

В работах [3-6] построена математическая модель и метод моделирования размещения рационального количества ПГ на существующей сети водопровода с учетом условия ограничения длины прокладки рукавных линий к зданиям, разнородным с точки зрения их степени огнестойкости, этажности.

Разработано ряд алгоритмов моделирования размещения ПГ [4-6,8].

В работе [4] предложен алгоритм решения, состоящий в построении области допустимых решений, описывающей ограничения задачи, и переборе точек из этой области с целью нахождения наилучшей согласно функции цели. Алгоритм используется при проектировании сети противопожарного водоснабжения района.

Одним из этапов построения области допустимых решений является построение области допустимых размещений ПГ, удовлетворяющих условию (1) для каждого объекта  $S_i \in \{S_i\}$ .

Механическим способом построения области допустимых размещений ПГ является следующий [4]. Берётся нерастяжимая нить длиной  $2L_i$  и охватывается нитью объект  $S_i$ ; концы нити закрепляются на карандаше; натягивается нить и вычерчивается вокруг объекта линия, которая является границей области допустимого размещения ПГ для данного объекта. При этом длина линии от координат размещения ПГ

до любой внешней точки объекта  $S_i$  не будет превышать длину  $2L_i$ .

Пример построения области допустимых размещений  $D$  (ОДР) для объекта  $S$  показан на рис. 2 (ОДР – заштрихована).

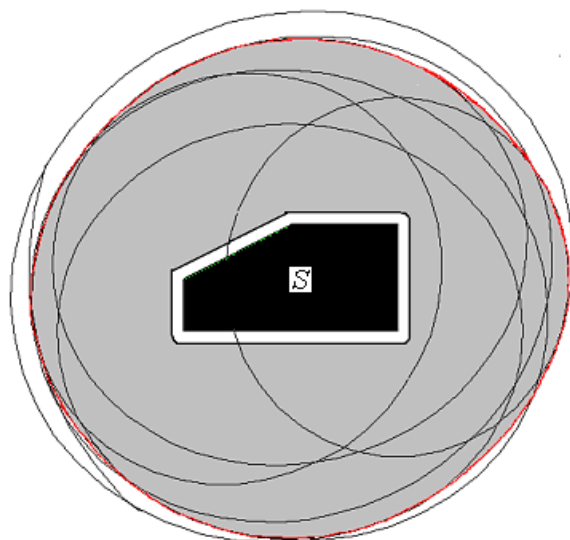


Рис. 2 – Область допустимого размещения для объекта  $S$

Пересечение области допустимых размещений  $D$  с ломаной – это область допустимых размещений ПГ на ломаной  $H_0, H_1, \dots$ , обозначим ее  $D_p$ .

Изложенный выше алгоритм построения области допустимого размещения для объекта (ПГ) может быть индикатором ситуации, защищено ли здание существующей системой водоснабжения. В случае, когда координаты размещения хотя бы одного ПГ принадлежат области  $D_p$ , ответ будет положительным.

В работе [8] предложен алгоритм построения неоднородной, с точки зрения степени защиты здания, области допустимых размещений для объекта.

Алгоритм состоит из следующих этапов.

1. Пусть многоугольники  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n\}$  заданы списками вершин  $v_{ij}, j = 1, 2, \dots, n_i$  в произвольном направлении обхода. Каждому из зданий  $S_i$  соответствует максимально допустимое расстояние  $L_i$  до ближайшего гидранта.

2. Каждой внутренней точке здания  $S_i$  приписывается целое число  $T(v_{S_i})$  - волновая метка (значение  $T(v_{S_i}) = -1$ ).

3. Каждой точке  $S(x_k, y_k)$  пространства  $CS_i = R^2 \setminus \text{int } S_i$  приписывается целое число  $T(s_k)$  - волновая метка (начальное значение  $T(s_k) = 0$ ).

4. Задается некоторое числом  $\delta$ . Каждая из сторон объекта  $S_i$  разбивается на минимально возможное число отрезков, по длине не превышающих  $\delta$ . Строится множество точек  $\{u_j\}$ , состоящее из всех

концов полученных таким образом отрезков.

5. Для каждой точки множества  $\{u\}$  выполняется волновой алгоритм [7,8], при этом просматриваются инцидентные (смежные) ей точки пространства  $CS_i$ . В результате :

если  $T(s_k) \geq 0$  и точка смежная по вертикали или горизонтали, то

$$T(s_k) := (m/p; T+5),$$

если  $T(s_k) \geq 0$  и точка смежная по диагонали, то

$$T(s_k) := (m/p; T+7),$$

где  $m$  – количество «волн» объекта, которые прошли через рассматриваемую точку  $S(x_k, y_k)$ ;  $p$  – количество точек множества  $\{u\}$ , из которых выпускаются «волны»;  $m/p$  – коэффициент покрытия объекта  $S_i$  точкой пространства  $S(x_k, y_k)$  (т.е. сколько точек здания  $S_i$  будет защищено при размещении гидранта в точке  $S(x_k, y_k)$ );

По окончании Шага 5, для каждой точки множества  $CS_i$  задается волновая метка, состоящая из двух чисел: коэффициента покрытия и среднего расстояния от данной точки до  $m$  точек сторон объекта, через которые прошли волны.

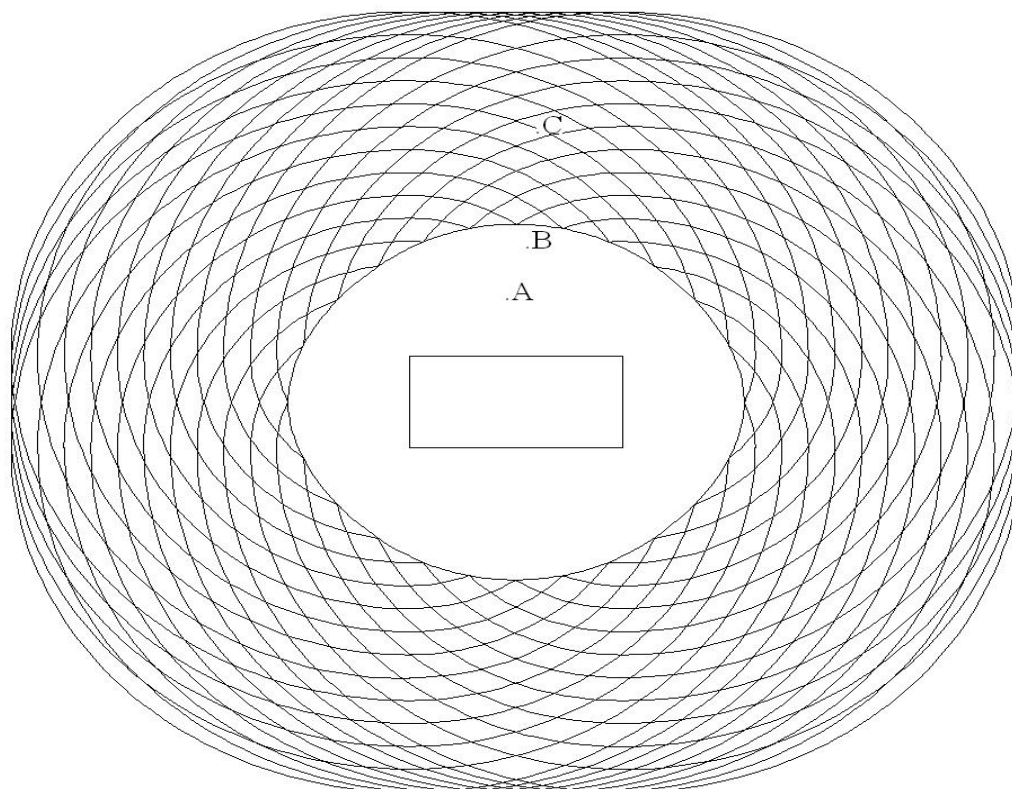
В результате выполнения алгоритма, определяются некоторые области вокруг здания (рис. 3), для каждой точки которых задаются волновые метки. Приоритетом выбора места размещения ПГ в данных областях будет:

- точка, через которую прошло максимальное число волн, т.е. точка, для которой  $\frac{m}{p}$  стремится к 1. Множество точек, коэффициент покрытия объекта которых равен 1, образуют область допустимого размещения пожарных гидрантов (ОДРПГ) с полным покрытием граничных точек здания;

-точка с минимальным средним значением до точек покрываемого здания.

Как видно из рисунка 3, большим приоритетом при размещении ПГ вокруг выбранного здания из точек А, В и С владеют точки А и В, т. к. они размещены в ОДРПГ с максимальным покрытием выбранного здания. Из точек А и В бóльшим приоритетом владеет точка А, т.к. среднее значение расстояний от точки А до точек здания, которые она покрывает у нее меньше чем у точки В. Таким образом, из трех вариантов (т. А, В, С) решения задачи, оптимальным решением будет размещение ПГ в т. А.

Изложенный выше алгоритм также может быть индикатором ситуации, защищено ли здание существующей системой водоснабжения. В случае, когда существует точка в области  $CS_i = R^2 \setminus \text{int } S_i$ , принадлежащая ломаной  $H_0, H_1, \dots$ , с коэффициентом покрытия, равным 1, то здание защищено.



**Рис.3 – Область допустимых размещений ПГ для рассматриваемого объекта**

Если степень покрытия не единица, то на практике изложенный подход позволит оценить вероятность защиты и выделить непокрытые (недосягаемые существующей сетью водоснабжения) части зданий.

**Выводы.** Для проектирования противопожарной защиты районов городов с помощью систем водоснабжения разработаны оптимизационные модели размещения пожарных гидрантов и ряд алгоритмов. В зависимости от требований практики разработанные методы математического и компьютерного моделирования позволяют учесть специфику возникающей задачи и выбирать соответствующий алгоритм моделирования рационального размещения, повышая тем самым оперативность принятия решения по оценке противопожарной защиты зданий районов городов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1985.
2. Иванов Е.Н. Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях / Иванов Е.Н. // Пожарная техника, тактика, и автоматические установки пожаротушения. Сб. научн. тр.- ВИПТШ МВД РФ.- М., -1989.-С.174-182.

3. Комяк В.М. Математическая модель размещения пожарных гидрантов в районах городов / Комяк В.М., Романов Р.В. // Проблемы пожарной безопасности: Сб.научн.тр.-Вып27.-Харьков: НУГЗУ, 2010. -С.97-103

4. Комяк В.М. Алгоритм побудови області припустимого розміщення пожежних гідрантів для одиничних споруд / Комяк В.М., Романов Р.В. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійська державна агротехнічна академія – Вип.4, т.32. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. - С. 70 - 73.

5. Комяк В.М. Модель и метод определения допустимых параметров размещения пожарных гидрантов в районе города / Комяк В.М., Романов Р.В., Панкратов А.В.// Геометричне та комп'ютерне моделювання, Харьков: ХДУХТ. – 2009. - Вип. 25. – С. 27-32.

6. Комяк В.М. Метод оптимізації розміщення пожежних гідрантів в районах міста / Комяк В.М., Панкратов А.В., Романов Р.В.// Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійський державний агротехнічний університет. – Вип. 4. ,т.44.- Мелітополь: ТДАТУ. – 2009. С. 142-148.

7. Кристофидес Н. Теория графов Алгоритмический подход: Пер. с англ./ Кристофидес Н. – М.: Мир, 1978. – 432 с.

8. Романов Р.В. Метод решения оптимизационной задачи размещения пожарных гидрантов в районах городов / Романов Р.В. Проблемы пожарной безопасности: Сб.научн.тр.-Вып26.-Харьков: НУГЗУ, 2009. -С.104-112.

nuczu.edu.ua

В.М. Комяк, Р.В. Романов

**Моделювання раціонального розміщення пожежних гідрантів у практичній діяльності пожежної охорони.**

В роботі розглянуті методи математичного та комп'ютерного моделювання раціонального розміщення пожежних гідрантів, що дозволяють в залежності від вимог практики обирати відповідний алгоритм, який підвищує ефективність прийняття рішень по оцінці протипожежного захисту будинків районів міст.

**Ключові слова:** математичне та комп'ютерне моделювання, пожежний гідрант, практичні вимоги.

V.M. Komyak, R.V. Romanov

**Modeling of rational placement of fire hydrants in practical works of fire service.**

It is considered the methods of mathematical and computer modeling of rational placement of fire hydrants, which allows to choose the appropriate algorithm depending on the practical requirements. It will increase the effectiveness of decision making for fire protection of building in the urban area.

**Keywords:** mathematical and computer modeling, fire hydrant, practical requirements.