

*В.В. Ковалишин, д.т.н., профессор, ЛГУБЖД,
В.М. Комяк, д.т.н., профессор, НУГЗУ*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГОРОДАХ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

В работе сформулированы задачи оптимизации размещения пожарных гидрантов на сети водопровода и искусственных источников водоснабжения, рассмотрены подходы к их решению

Ключевые слова: пожарные гидранты, искусственные источники водоснабжения, оптимизация

Постановка проблемы. За многие тысячелетия борьбы человечества с пожарами наиболее эффективным и надежным огнетушащим веществом была и остается вода. Несмотря на тенденцию к некоторому снижению потребления воды при пожаротушении и в связи с появлением в последние годы новых огнетушащих веществ, процент пожаров, потушенных водой, остается, как и раньше, высоким. Даже если пожар ликвидируется порошковыми или газовыми составами, ликвидация тления и защита соседних помещений или сооружений выполняются с подачей водяных стволов. Поэтому вопрос противопожарного водоснабжения остается актуальным.

Вода к месту пожара подается насосами, установленными на аварийно-пожарных машинах. Аварийно-спасательное подразделение, прибывшее на ликвидацию пожара, сможет подавать воду от автоцистерны максимум в течение 10 минут, что зачастую является недостаточным для успешной ликвидации пожара. А подразделения, на вооружении которых находятся автонасосы рукавные, вообще не вывозят воду к месту пожара. Поэтому необходимо учитывать забор воды от источников противопожарного водоснабжения. Источниками противопожарного водоснабжения являются пожарные гидранты (ПГ), установленные на водопроводах города, естественные (реки, ручьи, озера, моря и др.) и искусственные (колодцы, резервуары, водоемы: копани, каналы, водохранилища и др.) водоисточники.

Следует учитывать, что чрезмерная удаленность источников водоснабжения от зданий и сооружений или их отсутствие приводит 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. Также необходимо учитывать, что избыточное количество пожарных гидрантов приводит к увеличению сопротивления и потерь напора в водопроводной сети, а так-

же приводит к увеличению расходов на обслуживание и ремонт гидрантов. В связи с этим возникает проблема обоснования рационального количества и мест размещения источников водоснабжения в районах городов и населенных пунктах.

Анализ последних исследований и публикаций. На данное 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" (дата введения в действие 1985-01-01). В СНиП 2.04.02-84* внесено изменение № 1, утвержденное постановлением Госстроя СССР от 30 апреля 1986 г. № 52. Изменение №1 СНиП 2.04.02-84* утверждено и введено в действие приказом Госстроя Украины от 23.03.2000 № 57. Дата введения 2000-04-01.

В СНиПе изложены нормы, но не решается задача выбора рационального количества и мест размещения искусственных источников противопожарного водоснабжения, мест водозабора из природных источников противопожарного водоснабжения. В работе [1] решается задача определения минимально допустимого количества пожарных гидрантов и таких мест их размещения в районах городов, с одной стороны учитывающие ограничения на максимальное значение длины прокладки рукавных линий к каждому из зданий, а с другой стороны, максимально покрывающие все сооружения района. Как показано в [1], существующая сеть водопровода не всегда позволяет осуществить полное покрытие зданий района с точки зрения досягаемости рукавными линиями. Тогда возникает задача о создании сети искусственных источников противопожарного водоснабжения.

Постановка задачи и ее решение. Необходимо найти минимальное количество источников противопожарного водоснабжения (как пожарных гидрантов, расположенных на сети водопровода, так и искусственных источников с определением их вместимости (объема)) и места их размещения, обеспечивающих полное покрытие зданий района города с точки зрения досягаемости рукавными линиями.

Пусть задана некоторая область в R^2 . В области расположены здания (многоугольники) S_i ($i = 1, 2, \dots, n$) без взаимного пересечения и задана некоторая ломаная H_0, H_1, \dots . Рассмотрим область без многоугольников $S_0 \setminus \bigcup_i S_i$, которая является многосвязной.

Поставленная задача решается в два этапа:

На первом этапе возникает следующая задача. Необходимо найти минимальное количество точек (p -центров (пожарных гидрантов)) (p_1, p_2, \dots, p_m) и разместить их на ломаной H_0, H_1, \dots так, чтобы сеть, проведенная в многосвязной области и огибающая здания S_i ($i = 1, 2, \dots, n$), удовлетворяла следующему условию: длина кратчайшего пути по сети от

любой граничной точки многоугольника S_i ($i = 1, 2, \dots, n$) до ближайшего к ней p -центра не превышала соответствующего максимально-допустимого расстояния.

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

В работе [1, 2] построена математическая модель задачи, а в работе [1, 3] предложен метод решения, состоящий в построении области допустимых решений, описывающей ограничения задачи, и переборе точек из этой области с целью нахождения наилучшей согласно функции цели. Одним из этапов построения области допустимых решений является построение области допустимых размещений p -центра, удовлетворяющей ограничению на максимально-допустимое расстояние до любой граничной точки единичного объекта S_i . В работе [4] предложен подход к построению такой области допустимых размещений p -центра (ОДРПГ).

Пример построения области допустимых размещений (ОДРПГ) p -центра для объекта S_i показан на рис. 1 (ОДРПГ – заштрихована).

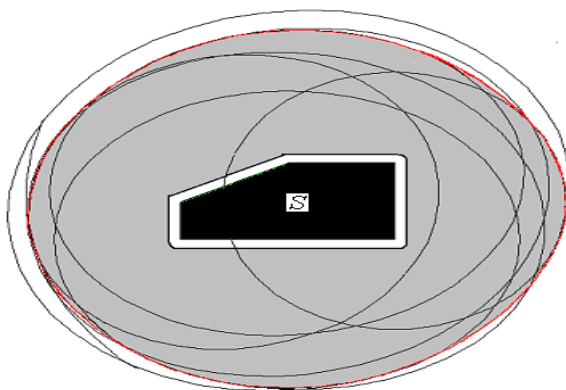


Рис. 1. Область допустимого размещения p -центра (ПГ)

В работе [1] решается задача определения минимально допустимого количества p -центров (пожарных гидрантов) и таких мест их размещения в районах городов, с одной стороны учитывающие ограничения на максимально-допустимое значение длины прокладки рукавных линий к каждому из зданий, а с другой стороны, максимально покрывающие все сооружения района. Как показано в [1], существующая сеть водопровода не всегда позволяет осуществить полное покрытие зданий района с точки зрения досягаемости рукавными линиями. На рис. 2 приведен пример размещения пожарных гидрантов (обозначены точками) с выделением непокрытых зданий или их частей (выделены цветом) [3].

Тогда возникает задача, которая решается на втором этапе.

Необходимо найти минимальное количество источников искусственного противопожарного водоснабжения с определением их вмести-

мости (объема) и мест их размещения, обеспечивающих совместно с пожарными гидрантами полное покрытие зданий района города с точки зрения досягаемости рукавными линиями.

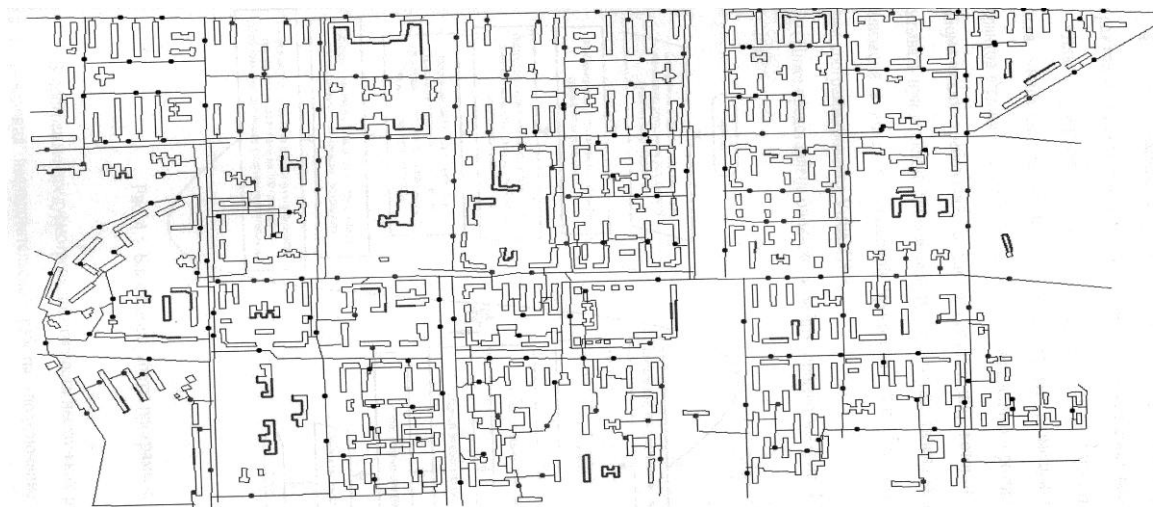


Рис. 2. Размещение пожарных гидрантов (точки на водопроводной сети) в Орджоникидзевском районе г. Харькова

Обозначим через $S_{ii} (ii = 1, 2, \dots, nn)$ полностью или частично непокрытые объекты. Построим ОДРПГ $D_{ii} (ii = 1, 2, \dots, nn)$. Пересечем области $D_{ii} (ii = 1, 2, \dots, nn)$. В результате определим области $D_{ij} (ij = 1, 2, \dots, nn)$.

Для размещения источников искусственного водоснабжения выберем жадный алгоритм [5]. Согласно этому алгоритму, из множества областей $D_{ij} (ij = 1, 2, \dots, nn)$ выберем область D_{ij} с максимальным количеством достигаемых зданий $S_{ik} (ik = 1, 2, \dots)$. В работе [6] определены законы изменения расходов воды и времени тушения для зданий разных категорий и определены средние значения этих случайных величин. Имея эти значения, можно определить, необходимое для тушения пожаров, количество воды для зданий $S_{ik} (ik = 1, 2, \dots)$. Среди найденных значений выбирается максимальное, обозначим это значение через $V_{\max, ik}$. В области D_{ij} случайным образом выбирается точка (если резервуар имеет геометрические размеры, то такая точка определяется методами геометрического проектирования), в которой размещается резервуар, объем которого принимается равным $V_{\max, ik}$. Область D_{ij} и объекты $S_{ik} (ik = 1, 2, \dots)$ исключаются из дальнейшего рассмотрения. Алгоритм повторяется до тех пор, пока не будут исключены все объекты $S_{ii} (ii = 1, 2, \dots, nn)$.

Выводы. В работе представлены результаты оптимизации моделирования размещения пожарных гидрантов на сети водопровода и искусственных источников водоснабжения, полностью покрывающих здания района города с точки зрения досягаемости рукавными линиями. Подход для раз-

мещения источников искусственного водоснабжения с определением их объемов может быть использован для их размещения в населенных пунктах, не имеющих сети водопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комяк В.М. Модель и метод определения допустимых параметров размещения пожарных гидрантов в районе городам / В.М. Комяк, Р.В. Романов, А.В. Панкратов // Геометрическое и компьютерное моделирование: сборник научных трудов. Харк. гос. университет питания и торговли. – Вып. 25. – Харьков, 2009. – С. 27-32.

2. Комяк В.М. Математическая модель размещения пожарных гидрантов в районах городов/ В.М. Комяк, Р.В. Романов // Проблемы пожарной безопасности: сборник научных трудов. – Вып. 27. – Харьков: НУГЗУ, 2010. – С. 97-103.

3. Романов Р.В. Метод решения оптимизационной задачи размещения пожарных гидрантов в районах городов / Р.В. Романов // Проблемы пожарной безопасности: сборник научных трудов. Вып. 26. – Харьков: УГЗУ, 2009. – С. 104-112.

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

5. Кормен Томас Х. Алгоритмы: построение и анализ / Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн // Introduction to Algorithms, Third Edition. – М.: «Вильямс», 2013. – 1328 с.

6. Коссе А.Г. Построение теоретических кривых распределения продолжительности тушения пожаров в жилых зданиях / А.Г. Коссе, Р.В. Романов // Проблемы пожарной безопасности: сборник научных трудов. – Вып. 21. – Харьков: Фолио, 2007. – С. 112-117.

В.В. Ковалишин, В.М. Комяк

Оптимізація розміщення джерел водопостачання у містах та населених пунктах

У роботі сформульовані задачі оптимізації розміщення пожежних гідрантів на мережі водопроводу і штучних джерел водопостачання, розглянуті підходи до їх вирішення.

Ключові слова: пожежні гідранти, штучні джерела водопостачання, оптимізація.

V.V. Kovalishin, V.M. Komyak

Optimizing the placement of water sources in cities and towns

We formulate the problem of optimizing the placement of fire hydrants in the water supply system and artificial water sources, considered approaches to their solution.

Keywords: fire hydrants, artificial water sources, optimization.