

УДК 621.3

*С.В. Говаленков, канд. техн. наук, доцент, нач. кафедры, АПБУ,  
А.Е. Басманов, канд. техн. наук, ст. преподаватель, АПБУ*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ**

Рассматриваются математические модели расчета сил и средств, необходимых для тушения пожаров в резервуарных парках нефтепродуктов. Модели предназначены для исследования различных пожарных ситуаций и определения рационального количества сил и средств для их ликвидации.

**Постановка проблемы.** Успех тушения пожаров достигается комплексом служебных и оперативно-тактических действий. Среди них особое значение имеют: умение анализировать явления, которые возникают на пожаре, факторы, которые оказывают содействие или препятствуют тушению пожара; оценивать эти факторы и принимать наиболее рациональные решения по выполнению боевых действий подразделениями пожарной охраны. Это обуславливает необходимость владения методикой расчета сил и средств, необходимых для тушения пожара.

Проблема оптимизации расчета сил и средств является актуальной для резервуарных парков, где на относительно небольшой площади скапливается большое количество различных нефтепродуктов.

**Анализ публикаций.** Основным нормативным документом, определяющим технику и тактику тушения пожаров подразделениями государственной пожарной охраны в резервуарных парках, являются "Указания по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах". Методика расчета необходимого количества сил и средств приведена в [1, 2, 3]. Анализ пожаров в крупных резервуарных парках показывает, что еще недостаточно разработан ряд технических вопросов оценивания обстановки на пожаре, отсутствуют эффективные методы оценки пожара и выбора путей его ликвидации, повышенной сложностью характеризуется выработка рекомендаций руководителю тушения пожара.

**Цель статьи.** Построение математической модели расчета сил и средств для тушения пожаров в резервуарных парках, построение алгоритма расчета и его программная реализация. Это требует решения следующих задач:

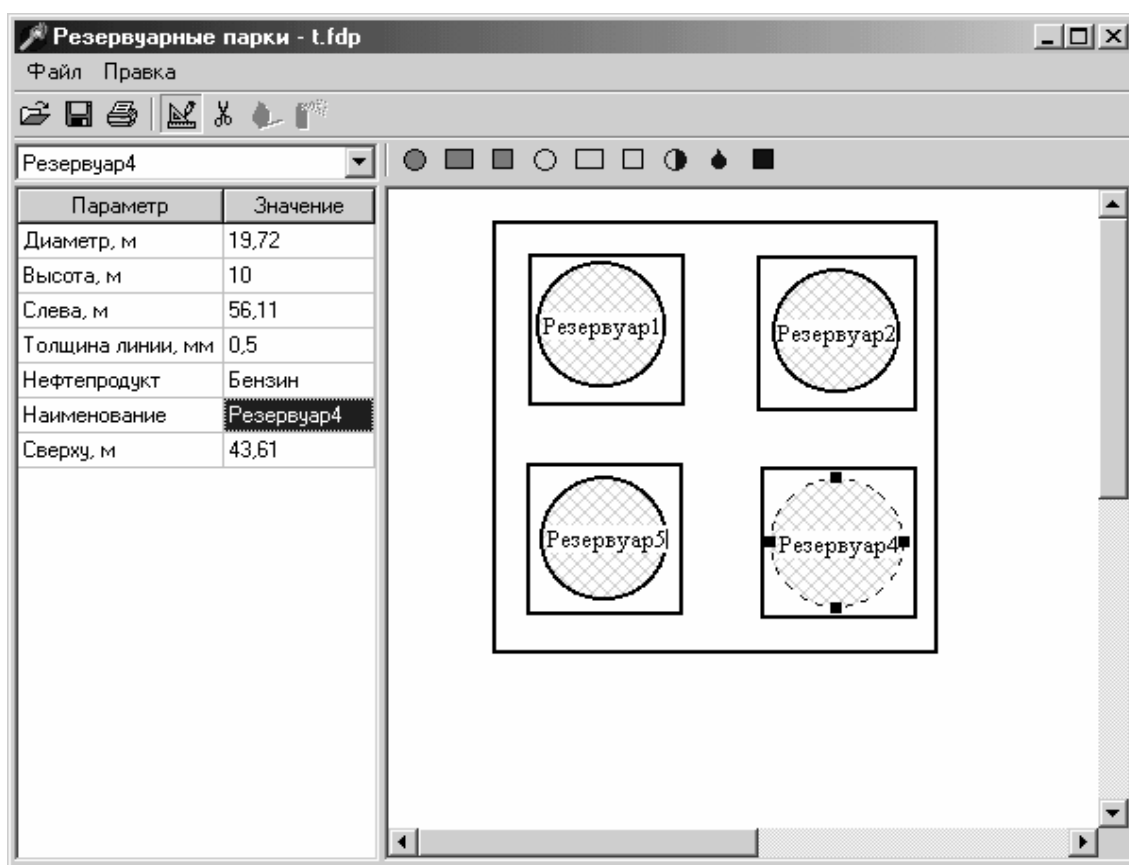
1. Построение удобного интерфейса, позволяющего легко

вводить план резервуарного парка (резервуары, обвалования, гидранты, водопроводы, пожарные водоемы), характеристики объектов, задавать пожарную ситуацию.

2. Определение резервуаров, из числа не горящих, подлежащих охлаждению.

Остановимся подробнее на каждой из этих задач.

1. Для программной реализации были выбраны 5 видов объектов, с помощью которых может быть построен план резервуарного парка: резервуар (с круглым, прямоугольным или квадратным основанием), обвалование (круглое, прямоугольное или квадратное), гидрант, водопровод, пожарный водоем. Интерфейс пользователя приведен на рисунке 1. Характеристики выбранного объекта могут быть введены в окне параметров (в левой части экрана). На приведенном рисунке это четвертый резервуар. Каждый резервуар или обвалование характеризуются геометрическими параметрами: длина, ширина, высота, координатами X и Y. Левый верхний угол плана имеет координаты (0, 0). Кроме того, для резервуаров указывается тип нефтепродукта.



**Рисунок 1 – Интерфейс построения плана резервуарного парка**

Перечисленных объектов достаточно для того, чтобы

смоделировать резервуарный парк.

При этом рассматриваются следующие возможные ситуации развития пожара: горение в резервуаре, горение в обваловании, горение в резервуаре и обваловании. Могут быть и другие ситуации развития пожара к моменту прибытия сил пожарной охраны, но все они сводятся именно к этим трем основным вариантам развития пожара и могут отличаться лишь масштабом развития, который будет зависеть от структуры резервуарного парка, места возникновения пожара, ситуаций, возникших на момент развития пожара.

2. После того, как построена модель резервуарного парка, важной прикладной задачей является определение расстояния между двумя объектами. Например, между двумя резервуарами, резервуаром и обвалованием. Так, кроме горящих, охлаждению подлежат соседние по полупериметру емкости, обращенные в сторону пожара. Соседними считаются резервуары, которые расположены от горящего в пределах двух нормативных разрывов. Нормативными являются разрывы, которые равняются 1,5 диаметра большего резервуара данной группы со стационарными крышами и 1 диаметру при наличии резервуаров с плавающими крышами и понтонами [3].

Задача состоит в построении алгоритма вычисления расстояния между двумя объектами, который бы допускал простую программную реализацию.

Расстояние между двумя точками  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$  на плоскости вычисляется просто:  $r_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ . Расстояние от точки  $(x_1, y_1)$  до отрезка, ограниченного точками  $(x_2, y_2)$  и  $(x_3, y_3)$ , можно определить как расстояние до прямой, проходящей через эти точки, если нормаль к прямой, проведенная через  $(x_1, y_1)$ , пересекает прямую между точками  $(x_2, y_2)$  и  $(x_3, y_3)$ , либо как минимум расстояний  $\min(r_{12}, r_{13})$  в противном случае. Обозначим это расстояние через  $r_{123}$ .

Тогда расстояние между двумя объектами прямоугольной формы  $A_1A_2A_3A_4$  и  $A_5A_6A_7A_8$  с координатами вершин  $A_i(x_i, y_i)$  может быть найдено как:

$$r = \min \left( \min_{i=1..4} (r_{i56}, r_{i67}, r_{i78}, r_{i18}), \min_{k=5..8} (r_{k12}, r_{k23}, r_{k34}, r_{k14}) \right),$$

где  $r_{ijk}$  – расстояние от точки  $A_i$  до отрезка  $A_jA_k$ .

Расстояние между объектом прямоугольной формы  $A_1A_2A_3A_4$  и круговой с центром в точке  $A_5$  и радиусом  $R$  определяется

следующей формулой:

$$r = \min(r_{512}, r_{523}, r_{534}, r_{514}) - R.$$

Расстояние между двумя круговыми объектами с центрами в точках  $A_1(x_1, y_1)$  и  $A_2(x_2, y_2)$ , радиусов  $R_1, R_2$  соответственно:

$$r = r_{12} - R_1 - R_2.$$

Подчеркнем, что такие расчеты справедливы только для непересекающихся объектов, и проверка этого условия должна происходить на этапе ввода исходных данных модели.

**Выводы.** Разработанная математическая модель и программное обеспечение предназначены для определения рационального количества сил и средств, необходимых для тушения пожара, при составлении оперативных планов пожаротушения на складах нефти и нефтепродуктов. Оно может быть использовано как инструментарий, позволяющий расширить возможности оперативных работников пожарной охраны при составлении оперативных планов пожаротушения, при тушении реальных пожаров, при рассмотрении различных ситуаций возникновения и развития пожаров, а также при анализе потушенных пожаров в резервуарных парках нефти и нефтепродуктов.

Дальнейшие перспективы исследований связаны с расчетом теплового потока от горящих резервуаров для определения зон, в которых могут находиться люди и техника, а также с алгоритмизацией расстановки техники для тушения пожара.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Говаленков С.В., Козленко А.М. Алгоритм розрахунку оптимальної кількості сил і засобів при гасінні пожеж на об'єктах підвищеної пожежної небезпеки. Сборник научных трудов "Проблемы пожарной безопасности". Вып. 7. Харьков: Фолио, 2000. – С.70-72.
2. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Издательство стандартов, 1992. – 78 с.
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
4. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий Госкомнефтепродукта СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 95 с.