

УДК 004.942:614.841

sergey-subachev@yandex.ru

**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВЛИЯНИЯ ВЕТРА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПОЖАРА  
ПРОЛИВА ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

**ALGORITHM FOR AUTOMATIC DETERMINATION  
OF THE INFLUENCE OF WIND WHEN ESTIMATING  
THE HEAT FLOW OF A FIRE OF FLAMMABLE FLUID**

*Карькин И.Н., кандидат физико-математических наук,  
Контарь Н.А., Pyrosim.ru, Екатеринбург,  
Субачев С.В., кандидат технических наук, доцент,  
Субачева А.А., кандидат педагогических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kar'kin I.N., Kontar N.A.,  
Pyrosim.ru, Yekaterinburg,  
Subachev S.V., Subacheva A.A.,  
Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлен алгоритм, позволяющий в процессе проведения расчетов пожарного риска на производственных объектах с горючими жидкостями при анализе теплового потока пожара пролива автоматически определять, находится ли рассматриваемая точка с подветренной стороны от пламени пожара, при произвольной форме площади пролива. Алгоритм реализован в компьютерной программе PromRisk, предназначенной для расчета пожарных рисков на производственных объектах.

*Ключевые слова:* моделирование пожаров, расчет пожарного риска, пожарная опасность производственных объектов.

The paper presents an algorithm that allows the process of making fire risk calculations at industrial facilities with flammable liquids when analyzing the heat flow of a spill fire to determine whether the point in question is on the leeward side of the fire flame, with an arbitrary shape of the spill area. The algorithm is implemented in the computer program "PromRisk", designed to calculate fire risks at industrial facilities.

*Keywords:* modeling of fires, calculation of fire risk, fire hazard of industrial facilities.

Согласно методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [1, 2] для определения плотности падающего теплового потока в определенной точке территории объекта или селитебной зоне вблизи объекта при пожаре пролива горючей жидкости необходимо учитывать, располагается ли данная точка в 90° секторе в направлении наклона пламени. Для этих точек величина теплового потока определяется с учетом силы ветра, которая

влияет на угол наклона пламени в сторону облучаемого объекта, коэффициент облученности и собственно результирующую величину теплового потока. Для площадок (точек), расположенных вне указанного сектора, а также в случаях отсутствия ветра факторы облученности площадок рассчитываются, принимая угол наклона пламени равным нулю.

При этом методикой не уточняется как именно проверять это условие в случаях горения на значительной площади,

на площади неправильной формы в плане, а метод, описанный в существующей редакции по сути применим лишь для

очагов пожара, имеющих точечный характер, например, при горении вертикального факела газа (рисунок 1).

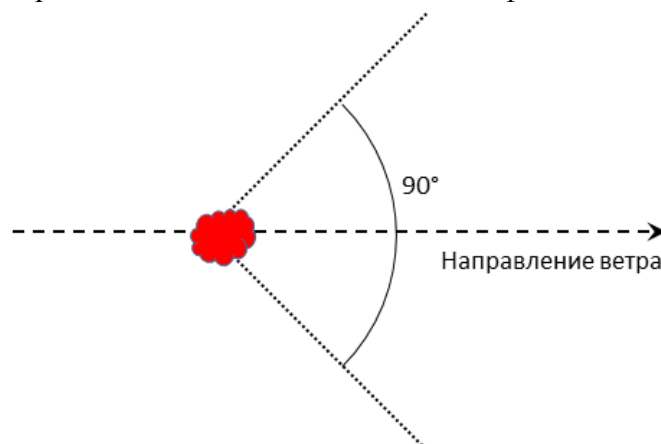


Рисунок 1. Сектор, внутри которого при анализе теплового потока учитывается наличие ветра

Недостаток указанного метода заключается в том, что при горении, происходящем на значительной площади, определение, находится ли рассматриваемая точка с подветренной от пламени стороны, может происходить неверно. Это можно показать на примере пожара пролива, ограниченного обвалованием прямоугольной формы. Если  $90^\circ$  сектор построить из геометрического центра пролива, то точка, указанная на рисунке 2, согласно указанному методу, находится вне этого сектора, и для нее учитывать

наличие ветра не нужно. Однако на самом деле эта точка находится в непосредственной близости от края пролива, и пламя пожара под действием ветра наклоняется в ее сторону, наличие ветра должно учитываться. Чем больше отношение сторон обвалования (чем более вытянутую форму оно имеет), тем больше доля точек, для которых величина теплового потока будет определена неверно, и тем больше величина ошибки при расчете величин пожарного риска.

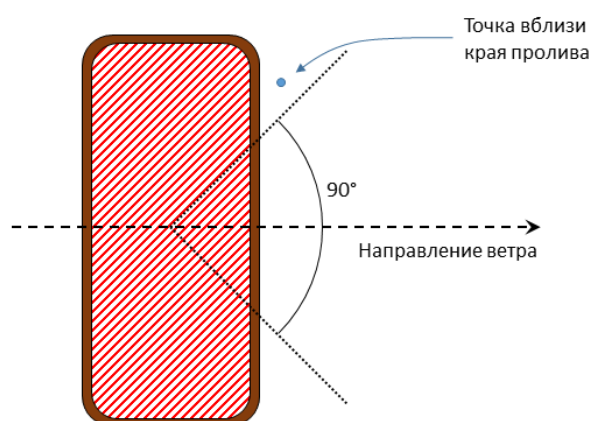


Рисунок 2. К вопросу об определении влияния ветра при горении пролива прямоугольной формы

Предлагаемый алгоритм реализован в программе PromRisk, он позволяет корректно решать эту задачу при любой

форме площади пожара. Суть алгоритма состоит в следующем (рисунок 3).

От каждой вершины многоуголь-

ника, которым представлена площадь пролива, строятся два луча: один – левее от направления ветра (угол луча на 45° больше угла направления ветра), второй – правее (угол луча на 45° меньше угла направления ветра). Затем для каждой из вершин многоугольника проверяются два условия: 1) находится ли рассматриваемая точка правее левого луча, и 2) нахо-

дится ли рассматриваемая точка левее правого луча (но не более чем в 135°, иначе данная точка находится с наветренной стороны). Перебор вершин прерывается, если выполнится условие, что рассматриваемая точка одновременно правее левого луча любой из вершин и левее правого луча любой из вершин.

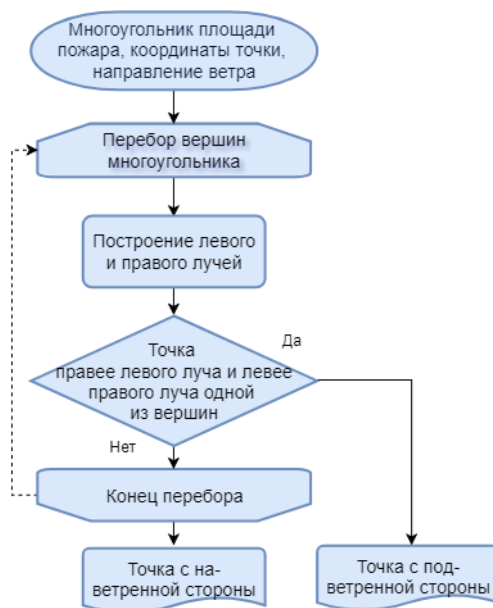


Рисунок 3. Предлагаемый алгоритм

Для случая, показанного на рисунке 2, такой алгоритм вернет положительный результат, так как рассматриваемая точка (рисунок 4) находится правее лево-

го луча вершин №№ 2, 3 и левее правого луча вершин №№ 1, 4 (перебор вершин прервется после второй вершины).

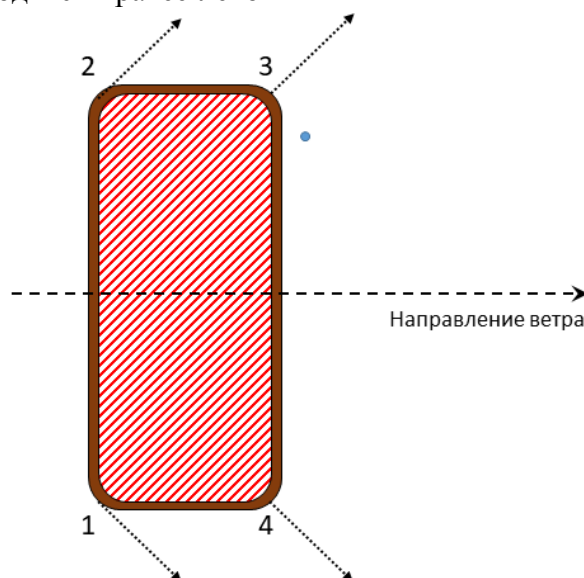


Рисунок 4. Проверка условия для вершин многоугольника

Общее поле точек, рассматриваемых как точки, расположенные с подветренной от пламени стороны, схематично показано на рисунке 5, а на рисунке 6 –

отображаемое программой PromRisk (при различных направлениях ветра и формах пролива).

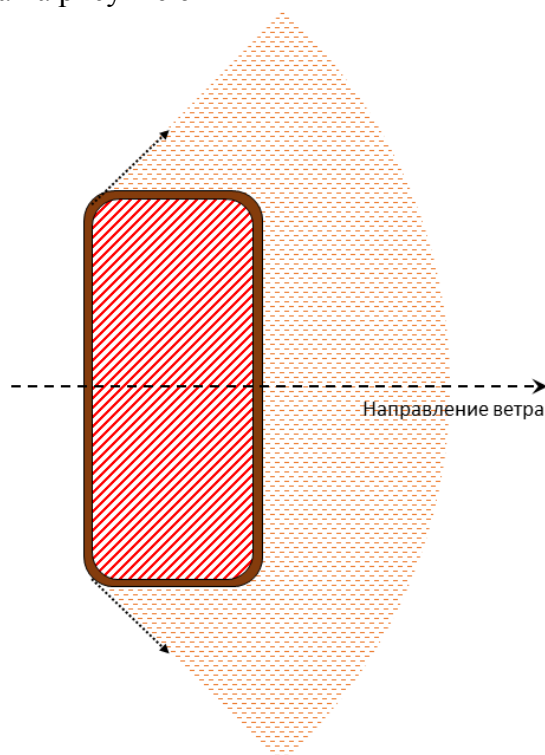


Рисунок 5. Результирующее поле точек

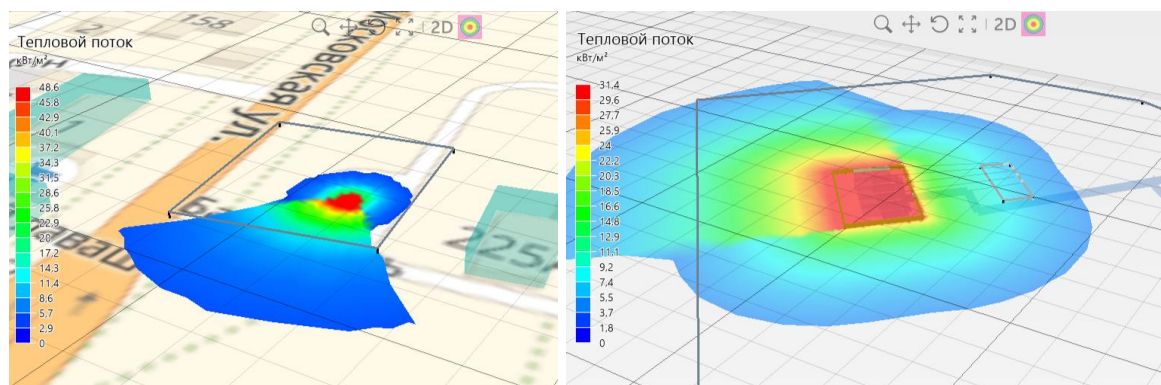


Рисунок 6. Поле величин теплового потока, определяемое программой PromRisk при различных направлениях ветра и формах пролива

Листинг функции, реализующей описанный алгоритм, приведен на рисунке 7.

Расчет теплового потока производится для каждой точки территории объекта, для каждого вида разгерметизации (при различных разгерметизациях и разрушении оборудования форма площади пролива отличается [3]), каждой единицы

технологического оборудования, для каждого из направлений и силы ветра. Таким образом, вышеприведенная функция определения влияния ветра в процессе расчета риска на производственном объекте вызывается тысячи раз, поэтому важно, чтобы программная реализация метода была нетребовательна к вычислительным ресурсам.

```
public static bool IsPointByWind(Polygon2D polygon, Point2D testPoint, EWindDirection ewind)
{
    double From_min180_to_plus180(double a)
    {
        if (a <= -180)
            a += 360;
        else if (a > 180)
            a -= 360;
        return a;
    }

    int windAngle = (int)ewind; //направление ветра в формате -180..180

    bool isInRightSideFromLeftEdge = false;
    bool isInLeftSideFromRightEdge = false;
    foreach (var p in polygon.Points)
    {
        Vector2D v = new Vector2D(p, testPoint);
        double angle = Utility.RadToDeg(v.Angle);
        angle = From_min180_to_plus180(angle);
        double deltaToLeft = From_min180_to_plus180(From_min180_to_plus180(windAngle + 45) - angle);
        if (0 <= deltaToLeft && deltaToLeft <= 135)
            isInRightSideFromLeftEdge = true;
        double deltaToRight = From_min180_to_plus180(angle - From_min180_to_plus180(windAngle - 45));
        if (0 <= deltaToRight && deltaToRight <= 135)
            isInLeftSideFromRightEdge = true;
        if (isInRightSideFromLeftEdge && isInLeftSideFromRightEdge)
            return true;
    }
    return false;
}
```

Рисунок 7. Реализация алгоритма на языке C#

#### Литература

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
2. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.
3. Карькин И.Н., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А. Имитационная модель аварийного пролива горючих жидкостей на производственных объектах // Техносферная безопасность. 2018. №3 (20). URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.

#### References

1. Metodika opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob"ektakh (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404, s izm.).
2. Posobie po opredeleniyu raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh ob"ektov / D.M. Gordienko i dr. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.
3. Kar'kin I.N., Kontar' N.A., Subachev S.V., Subacheva A.A. Imitacionnaya model' avarijnogo proliva goryuchih zhidkostej na proizvodstvennykh ob"ektakh // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – №3 (20). – ISSN 2311-3286. – <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.