

УДК 004.942:614.841

mail@pyrosim.ru

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА  
ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ****IMITATION MODEL OF THE EMERGENCY SPILL  
OF FLAMMABLE LIQUIDS ON INDUSTRIAL FACILITIES**

*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 представлена компьютерная имитационная модель, предназначенная для прогнозирования площади и границ аварийных проливов горючих жидкостей, необходимых для определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

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

The paper presents a computer imitation model designed to predict the area and boundaries of emergency spills of flammable liquids that are necessary to calculate the values of fire risk at the industrial facilities.

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

В работе [1] была обоснована актуальность разработки модели аварийного пролива горючих жидкостей, необходимой для расчетной оценки пожарного риска на производственных объектах, и представлена первая редакция такой модели. Она позволяет прогнозировать разлитие жидкости на территории объекта при любой аварийной ситуации, связанной с истечением жидкости из образовавшейся неплотности или разрушении резервуара или трубопровода, в том числе при наличии обвалования, соседнего оборудования и площадок с разными характеристиками покрытия. Модель апробируется в составе разрабатываемого в настоящее время программного обеспечения PromRisk для определения расчет-

ных величин пожарного риска на производственных объектах в соответствии с методикой [2, 3] и решает поставленные задачи для различных возможных вариантов аварийного разливания жидкости:

пролив на свободной неограниченной поверхности или в пределах обвалования, когда площадь обвалования значительно больше площади пролива;

пролив на неограниченной поверхности или в пределах обвалования, когда площадь пролива не ограничивается, но наличие оборудования или части обвалования обуславливает форму площади пролива;

пролив в пределах обвалования, когда и площадь, и форма пролива обусловлена площадью обвалования за выче-

том площади, занятой оборудованием;  
 пролив при разрушении резервуара с переливом части жидкости через обвалование.

Однако в результате апробации этой модели мы пришли к выводу, что ее применение для расчета риска реальных производственных объектов будет неэффективно. Разделение территории объекта на пиксели, необходимые для работы модели, требует больших объемов оперативной памяти и вычислительных ресурсов при рассмотрении каждого сценария развития аварийной ситуации. А количество сценариев при расчете риска может достигать нескольких сотен: рассматри-

вается множество единиц оборудования, у каждого из них множество вариантов разгерметизации и разрушения.

В связи с этим была разработана вторая версия модели аварийных проливов, также решающая задачи прогнозирования площади и границ проливов, но при этом значительно менее требовательная к вычислительным ресурсам.

Эта модель не требует производить вычисления к каждому пикселом территории объекта, а основана на операциях с многоугольниками, характеризующими оборудование, обвалование и собственно поверхность пролива (рисунок 1).

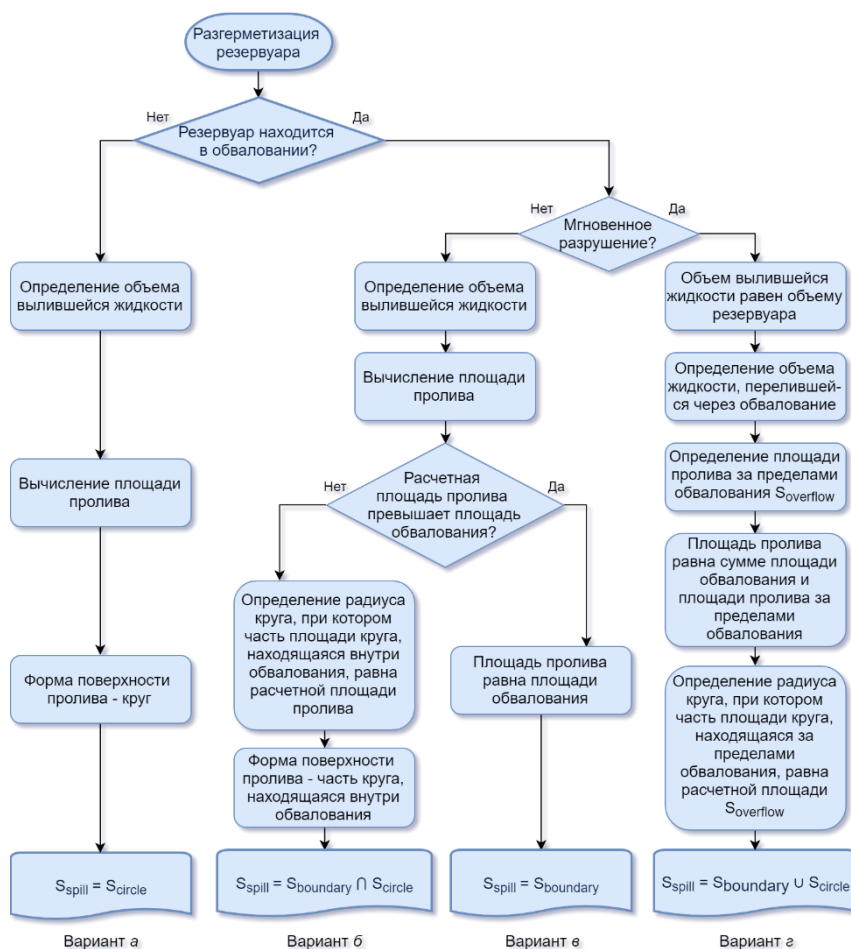


Рисунок 1. Алгоритм работы разработанной версии модели проливов жидкости (на примере разгерметизации резервуара)

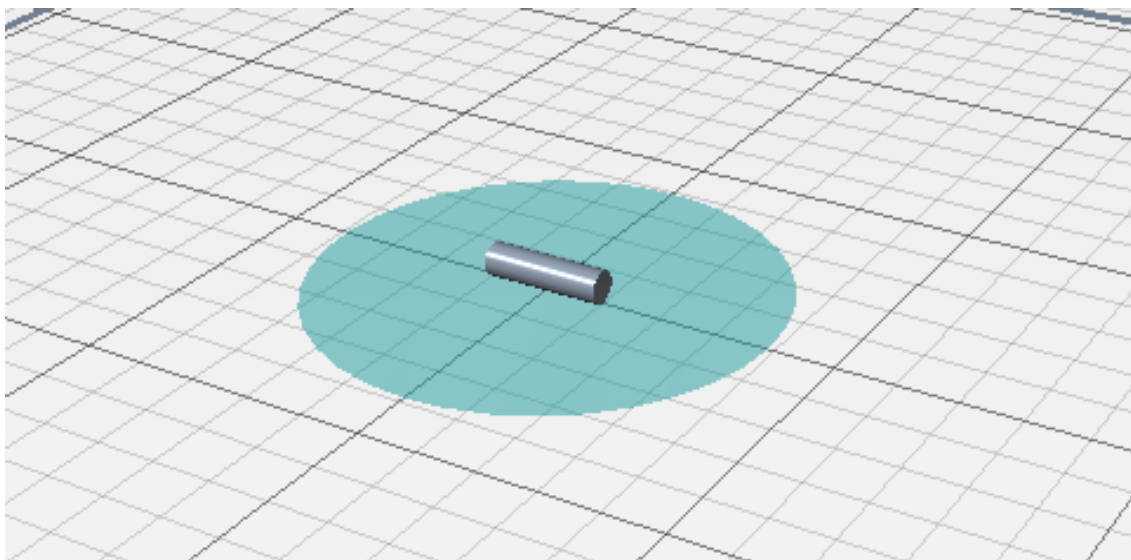
Рассмотрим прогнозирование формы поверхности пролива на примере резервуара.

В случае пролива жидкости на

свободной неограниченной поверхности в результате его разгерметизации или разрушения (вариант а) определяется объем вылившейся жидкости, затем, про-

порционально коэффициенту разлития жидкости, вычисляется площадь разли-

тия, и формой пролива принимается круг полученной площади (рисунок 2).

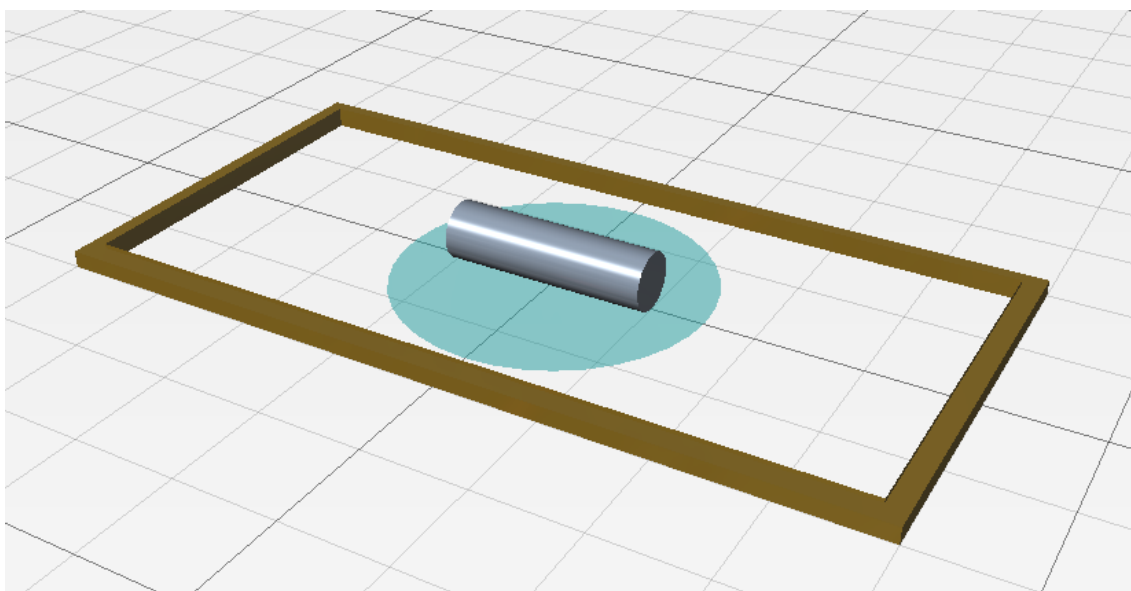


*Рисунок 2. Пролив на свободной неограниченной поверхности*

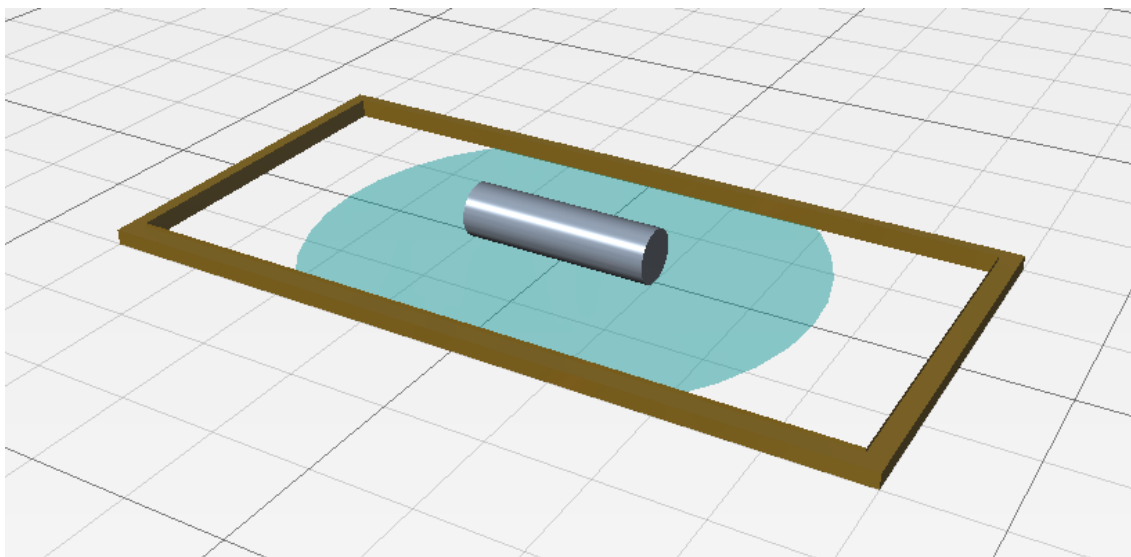
В случае разгерметизации резервуара, находящегося в обваловании, – определяется объем вылившейся жидкости, затем, пропорционально коэффициенту разлития жидкости, вычисляется площадь разлития. При этом возможны два варианта.

Если площадь пролива не превы-

шает площадь обвалования (вариант б), определяется радиус круга, при котором часть площади круга, находящаяся внутри обвалования, равна расчетной площади пролива, и формой пролива принимается часть круга, находящаяся внутри обвалования (рисунок 3).



*а) площадь обвалования значительно больше площади пролива*

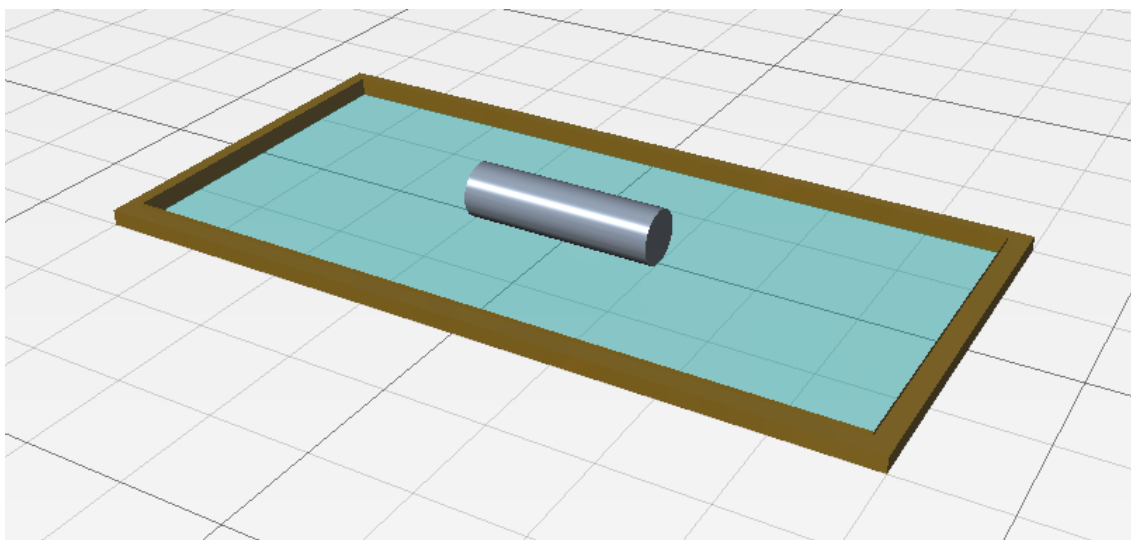


*б) площадь пролива не ограничивается, но наличие оборудования или части обвалования обуславливает форму площади пролива*

*Рисунок 3. Пролив в пределах обвалования*

Если же расчетная площадь пролива превысит площадь обвалования (ва-

риант *в*) – за площадь пролива принимается площадь обвалования (рисунок 4).



*Рисунок 4. Пролив в пределах обвалования, когда и площадь, и форма пролива обусловлены площадью обвалования за вычетом площади, занятой оборудованием*

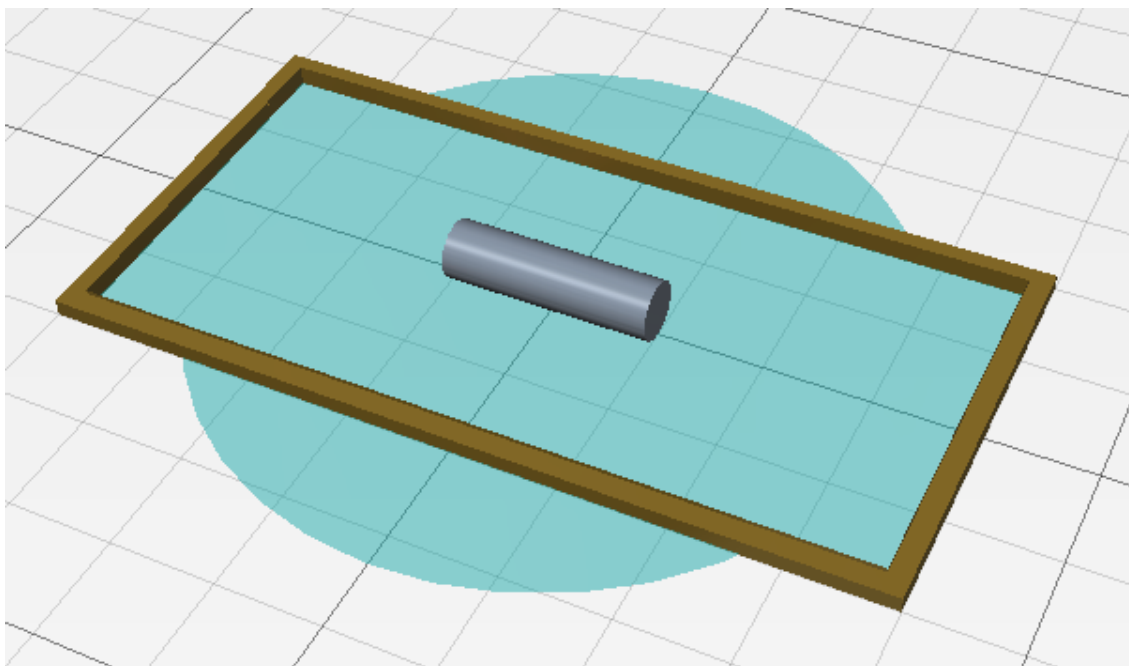
В случае квазимгновенного разрушения резервуара, сопровождающегося переливом части жидкости через обвалование (вариант *г*) – определяется общий объем вылившейся жидкости (принимается равным объему резервуара), затем согласно приложению 3 [2] определяются массовая доля и объем жидкости, пере-

[URL: http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal](http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal)

лившейся через обвалование, пропорционально коэффициенту разлития жидкости вычисляется площадь разлива этого объема. Итоговая площадь пролива принимается равной сумме площади обвалования и площади пролива за пределами обвалования. Для определения формы поверхности разлива определяется радиус

круга, при котором часть площади круга, находящаяся за пределами обвалования,

будет равна расчетной площади пролива за пределами обвалования (рисунок 5).



*Рисунок 5. Образование пролива при разрушении резервуара с переливом части жидкости через обвалование*

Функционально вторая версия разработанной модели отличается от первой тем, что не позволяет учитывать возможное наличие участков территории с различающимися покрытиями и, соответственно, коэффициентами разлития жидкости, однако для решения задач прогнозирования аварийных проливов в условиях принятых ограничений – в рамках расчетной оценки пожарного риска – соответствует предъявляемым требованиям,

причем со значительно меньшим объемом необходимых вычислительных ресурсов.

Результаты моделирования аварийных проливов жидкости являются основой для проведения дальнейших расчетов сценариев с пожарами проливов (рисунок 6), взрывов и пожаров-вспышек паровоздушного облака, образующегося в результате испарения жидкости с поверхности разлива.



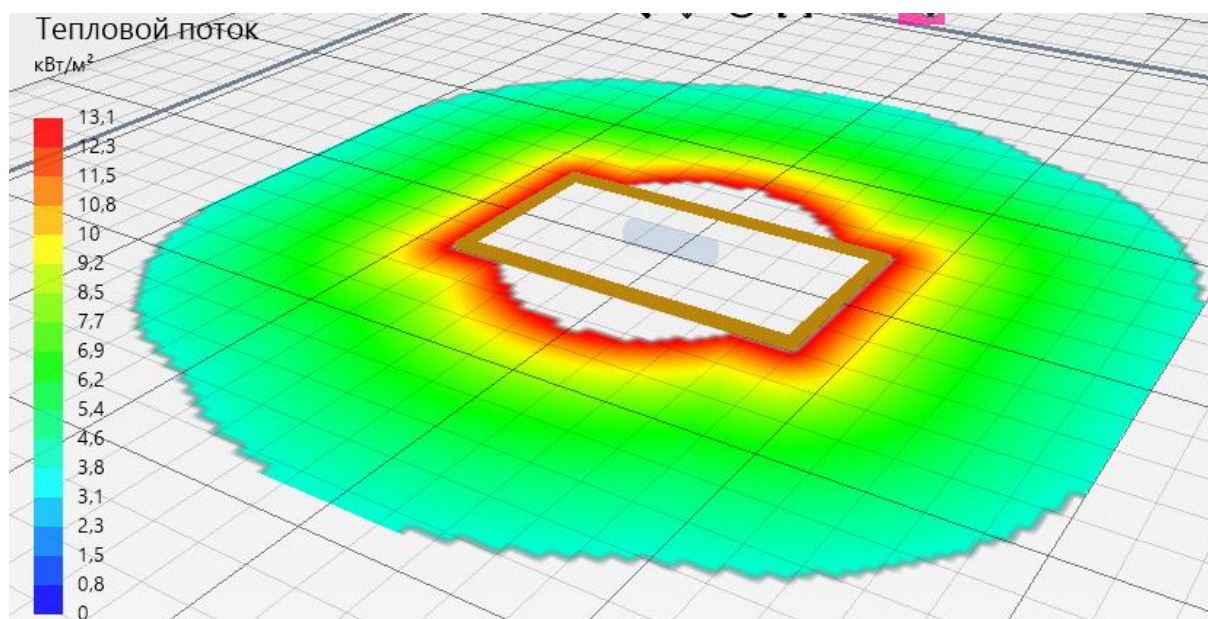


Рисунок 6. Поле плотности теплового потока в случае пожара пролива при разрушении резервуара и перелива части жидкости через обвалование

#### Литература

1. Карькин И.Н., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А. Прогнозирование границ аварийного пролива горючих жидкостей для расчетной оценки пожарного риска на производственных объектах // Техносферная безопасность. 2016. №4 (13). URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.

#### References

1. Kar'kin I.N., Kontar' N.A., Subachev S.V., Subacheva A.A. Prognozirovanie granic avarijnogo proliva goryuchih zhidkостей dlya raschetnoj ocenki pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2016. – №4 (13). – ISSN 2311-3286. – <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.
2. Metodika opredeleniya raschetnyx velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyx ob"ektax (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404, s izm.).
3. Posobie po opredeleniyu raschetnyx velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennyx ob"ektov / D.M. Gordienko i dr. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.