

Научная новизна. Впервые исследованы свойства класса фрактальных квазидеревьев как класса фрактальных графов, на основании чего доказано структурное сходство p -адических фрактальных деревьев и фрактальных квазидеревьев.

Практическая ценность. Аппарат фрактальных квазидеревьев, развитый в данном исследовании, является конструктивным средством моделирования сложных систем, обладающих самоподобной иерархической структурой.

Сравнение с существующими аналогами. Наличие внутренней структуры, сходной со структурой фрактальных деревьев, позволяет строить для фрактальных квазидеревьев полиномиальные алгоритмы нахождения решений многокритериальных оптимизационных задач, в то время как существующие методики решения таких задач на произвольных графах имеют экспоненциальную сложность определения решения.

Литература: 1. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: СИНТЕГ, 2001. 124с. 2. Перепелица В.А., Позднякова А.Ю., Сергеева Л.Н. Фрактальный граф как средство моделирования структурного хаоса // Тр. Междунар. конф. "Математика. Компьютер. Образование". Пушкино, 1997. С.203-210. 3. Сергеева Л.Н. Моделирование структуры экономических систем и

процессов. Запорожье: ЗГУ, 2002. 88 с. 4. Кристофидес Н. Теория графов: алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 432 с. 5. Perepelitsa V.A., Pinchuk V.P., Sergeeva L.N., Pozdnjakova A.J. Fractal Graphs and Their Properties // IKM'97, Bauhaus - Universitat Weimar, 26.2.1.3.1997, Digital Proceedings. 8 p. 6. Перепелица В.О., Позднякова А.Ю., Сергеева Л.Н. Роль індуктивного визначення фрактального графа в оцінці його числових характеристик // Вісник Запорізького державного університету. Фізико-математичні науки. 1999. № 2. С.83-93.

Поступила в редколлегию 24.12.2004

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. Новожилова М.В.

Сергеева Людмила Нильсовна, д-р эконом. наук, проф. кафедры системного анализа и высшей математики Гуманитарного университета «Запорожский институт государственного и муниципального управления». Научные интересы: нелинейная динамика, многокритериальные задачи дискретной оптимизации. Адрес: Украина, 69002, Запорожье, ул. Жуковского, 70-б, e-mail: sergeeva@optima.com.ua

Задорожкина Яна Сергеевна, аспирантка кафедры системного анализа и высшей математики Гуманитарного университета «Запорожский институт государственного и муниципального управления». Научные интересы: многокритериальные задачи дискретной оптимизации. Адрес: Украина, 69002, Запорожье, ул. Жуковского, 70-б, e-mail: skabioza@ukr.net

УДК 621.3

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРА С НЕФТЕПРОДУКТОМ ПРИ ЕГО НАГРЕВЕ ОТ ПЛАМЕНИ СОСЕДНЕГО ГОРЯЩЕГО РЕЗЕРВУАРА

АБРАМОВ Ю.А., БАСМАНОВ А.Е.

Строится математическая модель нагрева резервуара с нефтепродуктом под действием излучения от пламени горящего соседнего резервуара. Модель позволяет определить время достижения взрывоопасной температуры.

1. Постановка проблемы

Резервуарные парки являются основным местом хранения нефти и нефтепродуктов. В случае пожара в одном из резервуаров возникает опасность нагрева и взрыва соседних резервуаров. Поэтому для практики важной является оценка времени, через которое резервуар может нагреться до взрывоопасной температуры. Наиболее широко распространены вертикальные стальные резервуары (РВС) со стационарной крышей.

В работе [1] была построена модель нагрева стенок, крыши резервуара и поверхностного слоя нефтепродукта. При этом предполагалось, что равномерно нагревается обращенная к факелу сторона резер-

вуара. Однако такое предположение является ошибочным. В действительности она нагревается неравномерно. Ввиду больших размеров резервуара теплопроводности стали недостаточно для того, чтобы выровнять температуру [2].

Цель работы — определить температуру сухой стенки (не соприкасающейся с нефтепродуктом) цилиндрического резервуара типа РВС.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач: 1) построение математической модели, описывающей нагрев резервуара под действием излучения от пламени горящего соседнего резервуара; 2) нахождение зависимости от времени температуры сухой стенки.

2. Математическая модель

Будем предполагать, что передача тепла осуществляется только излучением, пренебрегая при этом конвективным теплопереносом.

Пусть нагревающийся резервуар находится на расстоянии L от горящего (рис. 1).

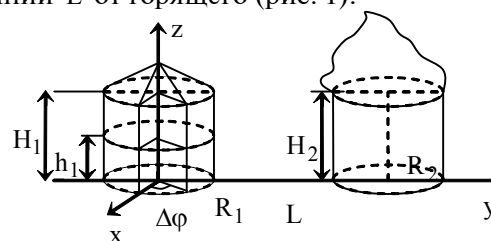


Рис. 1. Горящий резервуар (справа) и нагревающийся от него (слева), h_1 — уровень нефтепродукта

Разобьем нагревающийся резервуар на n сегментов вертикальными секущими плоскостями, проходящими через ось z и отстоящими друг друга на одинаковый угол φ . Тем самым мы получим $3n$ областей (по 3 области для каждого сегмента: сектор поверхности нефтепродукта, полоса боковой стенки, сегмент крыши).

В пределах одной области будем считать температуру одинаковой. Количество тепла dQ_{ij} , передаваемое от области i к области j за малое время dt , определяется законом Стефана-Больцмана:

$$dQ_{ij} = c_0 \varepsilon_i \varepsilon_j \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \right] H_{ij} dt,$$

где $c_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$; $\varepsilon_i, \varepsilon_j$ – коэффициенты черноты областей i, j ; T_i, T_j – температуры областей i, j ; H_{ij} – взаимная площадь облучения между областями [1, 3].

В [1] было показано, что количество тепла dQ_k , получаемое областью k за малый промежуток времени dt , равно

$$dQ_k = \varepsilon_k c_0 \left[\varepsilon_\phi H_k^+ \left(\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) + \sum_{i \neq k} \varepsilon_i H_{ik} \left(\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) + \left(\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) \left(S_k - H_k^+ - \sum_{i \neq k} H_{ik} \right) \right] dt,$$

$$k = 1, 2, \dots, 3n, \quad (1)$$

где T_ϕ – средняя температура факела пламени; ε_ϕ – коэффициент черноты пламени; H_k^+ – взаимная площадь облучения между областью k и факелом; T_0 – температура окружающей среды; S_k – площадь полной поверхности области k . Заметим, что для стенки и крыши резервуара это как внешняя, так и внутренняя поверхности.

Полученное тепло dQ_k приводит к изменению температуры dT_k :

$$dT_k = \frac{dQ_k}{m_k c_k} = \frac{dQ_k}{\rho_k V_k c_k}, \quad (2)$$

где m_k – масса нагревающейся области; V_k – ее объем; ρ_k – плотность; c_k – теплоемкость.

Объединив (1) и (2), получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dT_k}{dt} = \frac{\varepsilon_k c_0}{\rho_k V_k c_k} \left[\varepsilon_\phi H_k^+ \left(\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) + \sum_{i \neq k} \varepsilon_i H_{ik} \left(\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) + \left(\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) \left(S_k - H_k^+ - \sum_{i \neq k} H_{ik} \right) \right],$$

$$+ \sum_{i \neq k} \varepsilon_i H_{ik} \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right] + \left(\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right) \left(S_k - H_k^+ - \sum_{i \neq k} H_{ik} \right) \right],$$

$$k = 1, 2, \dots, 3n. \quad (3)$$

Для нахождения объемов V_k областей, соответствующих крыше и стенке резервуара, достаточно знать их толщину. Для РВС она составляет 5 мм.

Для нахождения объемов V_k областей, соответствующих поверхности нефтепродукта, будем предполагать, что слой нефтепродукта равномерно прогревается на толщину δ . Будем также считать этот слой теплоизолированным от остального объема жидкости.

Для определения температуры каждой из областей в произвольный момент времени t необходимо решить систему дифференциальных уравнений (3) с начальным условием $T_k(0) = T_0$.

Рассмотрим, например, резервуар РВС-10000 (радиус $R = 17,1$ м, высота $H = 11,9$ м), наполненный нефтью до уровня $h = 6$ м. В 30 м от него расположен такой же горящий резервуар РВС-10000 с пламенем в форме конуса, высотой $2,8R$ [3]. Коэффициент черноты факела $\varepsilon_\phi = 0,85$, для стенок и крыши резервуара $\varepsilon_c = 0,8$, для поверхности нефтепродукта $\varepsilon_n = 0,5$. Средняя температура пламени горячей нефти $T_\phi = 1100$ °С, температура окружающей среды $T_0 = 20$ °С. Будем полагать, что прогревается слой нефтепродукта толщиной $\delta = 10$ см. Количество сегментов разбиения выберем $n = 32$.

Распределение температуры вдоль стенки резервуара в различные моменты времени приведено на рис. 2. По горизонтальной оси отложен угол φ (в градусах), соответствующий каждому сегменту разбиения.

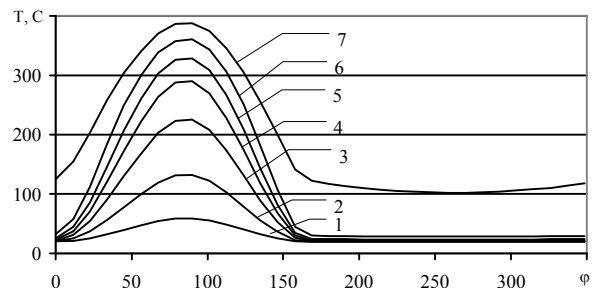


Рис. 2. Распределение температуры вдоль стенки резервуара в различные моменты времени: 1 – $t = 1$ мин; 2 – $t = 3$ мин; 3 – $t = 6$ мин; 4 – $t = 9$ мин; 5 – $t = 12$ мин; 6 – $t = 18$ мин; 7 – $t = \infty$

Зависимость температуры различных частей стенки резервуара от времени приведена на рис. 3, 4.

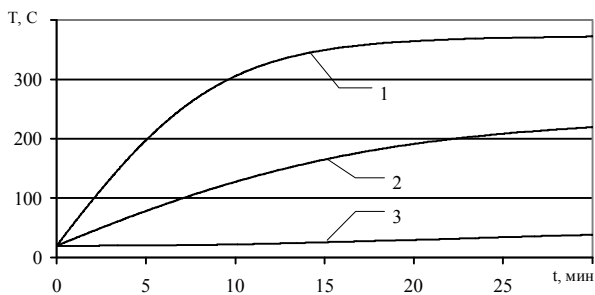


Рис. 3. Зависимость температуры от времени для различных частей стенки резервуара: 1 – $\varphi = 90^\circ$; 2 – $\varphi = 150^\circ$; 3 – $\varphi = 270^\circ$

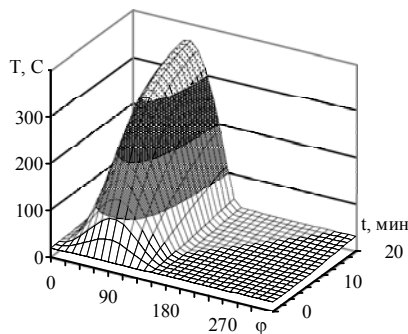


Рис. 4. Зависимость распределения температуры вдоль стенки резервуара от времени

Как и следовало ожидать, быстрее всего нагревается часть стенки резервуара, обращенная в сторону горящего резервуара ($\varphi = 90^\circ$). Уже через 12 минут она нагревается более чем до 300°C , превращаясь в источник зажигания для паровоздушной смеси, находящейся внутри резервуара. Быстрый нагрев наблюдается и при угле 60° относительно направления на горящий резервуар ($\varphi = 150^\circ$). Противоположная к факелу сторона резервуара ($\varphi = 270^\circ$) нагревается очень медленно и незначительно.

3. Выводы

Впервые построена математическая модель нагрева резервуара с нефтепродуктом от факела горящего резервуара, состоящая в разбиении резервуара на области, в пределах которых температуру можно считать постоянной. Модель позволяет найти распределение температур на боковой стенке цилиндрического резервуара типа РВС в любой момент времени.

С практической точки зрения это означает возможность найти время, через которое резервуар может оказаться взрывоопасным.

Сравнивая полученные результаты с [1], следует отметить, что распределения температуры на задней стенке резервуара совпадают. Отличия касаются стенки, обращенной к факелу. Данная работа показывает, что нагрев передней стенки является очень неравномерным (см. рис. 2).

Перспективы дальнейших исследований связаны с конвективным теплопереносом внутри и снаружи резервуара, а также с прогревом нефтепродукта в глубину.

Литература: 1. *Абрамов Ю.А., Басманов А.Е.* Нагрев поверхностного слоя нефтепродукта в резервуаре от факела горящего резервуара. Харьков: Фолио, 2004. Вып. 16. С.80-85. 2. *Волков О.М.* Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. М.: Недра, 1984. 151 с. 3. *Рябова І.Б., Сайгук І.В., Шаршанов А.Я.* Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Харків: АПБУ, 2002. 352 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Алексеев О.П.

Абрамов Юрий Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, проректор Академии гражданской защиты Украины. Научные интересы: противопожарная защита промышленных объектов. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Чернышевского, 92.

Басманов Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, докторант Академии гражданской защиты Украины. Научные интересы: математические модели чрезвычайных ситуаций. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Чернышевского, 92, тел. 707-34-77.

УДК 004.93

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ РЕКОНСТРУКЦІЇ МІКРОСТРУКТУРИ ПОВЕРХНІ ЗА ЇЇ СТЕРЕОЗОБРАЖЕННЯМ З ОПТИЧНИХ КАМЕР

СИНЯВСЬКИЙ А.Т., РУСИН Б.П.

Описуються результати аналізу підходів до розв'язання задачі тривимірної реконструкції поверхні об'єкта за його стереозображенням. На основі результатів аналізу розробляється алгоритм, що враховує особливості реконструкції мікроструктури поверхні в задачах фактографічного та металографічного аналізу. При реалізації алгоритму розв'язуються задачі встановлення епіполлярної геометрії стереосистеми, погодження зображень та обчислення тривимірних ко-

ординат окремих точок, виходячи з їх проєкції на екрані камери.

1. Вступ

Під стереобаченням розуміють спосіб формування камерами (в даному випадку оптичними) двох рознесених проєкцій одного і того ж об'єкта. «Тривимірна реконструкція» є окремим напрямком в галузі комп'ютерного бачення (computer vision), що набула інтенсивного розвитку завдяки можливостям сучасної обчислювальної техніки. Передумовою виникнення цього напрямку є наявність на зображенні інформації про геометричну форму (поверхню) представлених на ньому об'єктів. Тривимірна реконструкція за стереозображенням є актуальною науковою проблемою, яка охоплює різні напрямки прикладної математики і може мати безпосереднє застосування в металографії, фактографії та аналізі мікроструктури поверхні структурних матеріалів. Характер поверхні дає мож-