

измеряемой величины  $U_{нс}$  с пороговыми позволяет продлить срок службы исполнительных механизмов, но имеет погрешности при настройке в резонанс с емкостью сети дугогасящей катушки.

4. Для более точной настройки компенсации необходимо иметь статистические данные о работе сети в различных режимах и в разные промежутки времени, что является самостоятельной и актуальной задачей, связанной с измерением, накоплением и обработкой большого потока данных.

5. На изменение емкостного тока в распределительной электрической сети влияет большое число факторов, которые необходимо анализировать по количественным показателям, по качественным признакам и по взаимным влияниям друг на друга.

### *Список литературы*

1. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений /Под ред. Ф.Х.Халилова, Г.А.Евдокунина, А.И.Таджибаева, СПб.: Энергоатомиздат, 2002. 272 с.

2. Кадомская К.П., Иванов А.В. О целесообразности оснащения нейтрали сетей средних классов напряжения параллельным соединением резистора и дугогасящего реактора // Энергетик. 2004. №6, С. 28-29.

3. Коновалов Е.Ф., Захарова Т.В., Хофман Т. Компенсация емкостного тока в сетях 6-35 кВ в России и Германии // Энергетик. 2004. №4, С. 41.

**УДК 681.3:656.2:006**

*Филиппенко И.Г., д.т.н., профессор (УкрГАЖТ)  
Бутенко В.М., к.т.н., доцент, начальник НИЧ (УкрГАЖТ)  
Головко А.В., аспирант (УкрГАЖТ)*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА НА ПЛОСКОСТИ**

**Введение.** Проблема прогнозирования процесса распространения пожара важна не только для лесного хозяйства. Она касается практически всех отраслей народного хозяйства, в том числе железнодорожного транспорта, когда происходят аварии, крушения различной степени

тяжести. Не обходит эта проблема и предприятия железнодорожного транспорта на предмет их пожаробезопасности.

Для прогнозирования процесса распространения пожара нужна его математическая модель. Проблема построения математических моделей процесса распространения пожара имеет давнюю историю. Рассмотрим некоторые из публикаций, посвященных решению указанной проблемы, начиная с 60-х годов прошлого столетия.

**Анализ исследований и публикаций.** В 60-70-х годах прошлого столетия были проведены широкие научные исследования по разработке классификации лесных пожаров (Курбатским Н.П. работа [1] ), исследованы горючие свойства лесных материалов (Мелехов И.С.[2],) влияние погодных условий на процесс горения ( Валендик Э. Н. [3] ). По результатам этих и других научных трудов были разработаны рекомендации по обнаружению и тушению лесных пожаров [4].

С появлением вычислительной техники начались попытки использования ЭВМ для сбора, хранения информации о лесных фондах и пожарах, а также попытки прогнозирования развития пожара (Доррер [5]).

В последнее время ряд работ Ходакова В.Е., Граб М.В. [6,7,8] посвящались классификации ситуаций и моделированию динамики окружающей среды в задачах управления ликвидацией лесного пожара, основанных на агрегатно-ориентированном подходе. Работы [9,10] посвящены вопросам разработки моделей выработки рекомендаций по ликвидации аварий, подготовке к принятию решения при тушении пожара. В работах Юхимчука значительное внимание уделено моделям автоматизации совместимости доставки грузов на ж.д. [11] и принятию решений при ликвидации пожара.

**Цель работы.** Разработать компьютерную и математическую модель процесса распространения пожара на плоскости, используя некоторые положения теории клеточных автоматов [12], и теории просачивания (percolation) (в русской литературе "протекания") [13].

**Постановка задачи.** Задана поверхность с типологически расположенным на ней горючим и негорючим материалом. Необходимо создать компьютерную модель процесса распространения пожара на плоскости.

**Изложение основного материала.** Распространение пожара зависит от текущего состояния участка горения и непосредственно прилегающих к нему участков и их состояний [14]. Используя идеи теории просачивания и машин клеточных автоматов, приступим к решению поставленной задачи. Участок плоской поверхности, на котором будет изучаться процесс

распространения пожара, разбивается на одинаковые участки прямоугольной. Формально это выглядит так. Имеется плоскость, заданная двумерной матрицей  $M_{n,m}$ , где  $n$  – число строк,  $m$  - число столбцов. Элемент матрицы представляет собой участок поверхности, который поставлен клеточным автоматом (КА). КА представляет собой формальный объект, содержащий определенные параметры, такие как массу вещества, его внутреннюю энергию, удельную теплоту сгорания, количество теплоты, которое выделится веществом, "приписанным" к нему, при полном его сгорании, и ряд других параметров. Клеточный автомат предназначен для организации взаимодействия с соседствующими или любыми клеточными автоматами матрицы  $M_{n,m}$ . Некоторые параметры клеточного автомата приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Некоторые параметры клеточного автомата

Наименование	Пояснение
ptntsVzg	количество принятого тепла, при котором происходит воспламенение вещества
ptntsGrn	количество принятого тепла, при котором происходит возгорание вещества
ptntsTln	количество внутренней энергии вещества, при котором начинается процесс тления вещества
ptntsNotVzg	состояние вещества, при котором возгорание, и тем более горение невозможны
qvoTP	порция количества теплоты "положительной"
qvoTM	порция количество теплоты отрицательной
qvoPrTepla	количество принятого тепла
$t = i * T$	текущее время, где $i$ - номер временной последовательности, $T$ – период квантования по времени
longTimeGrn	время горения
currentTimeGrn	текущее время горения
longTimeTl	время тления
currentTimeTl	текущее время тления

Обобщенный граф состояний КА приведен на рисунке 1.

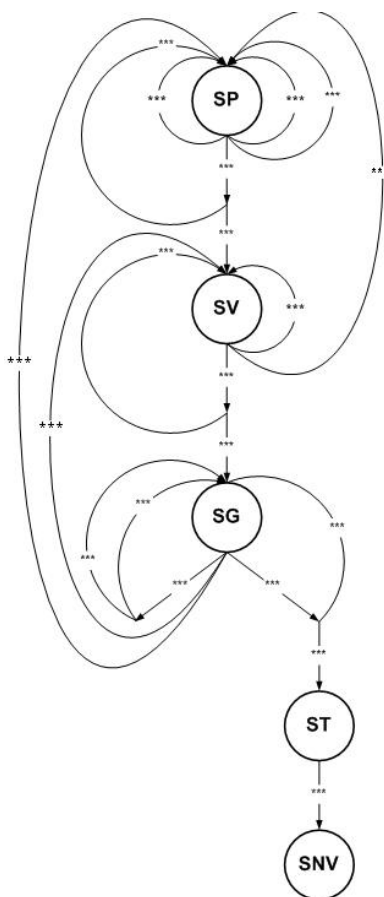


Рисунок 1 - Обобщенный граф состояний КА; SP – состояние приема, SV – состояние возгорания, SG – состояние горения, ST состояние тления, SNV – состояние невозможности возгорания, \*\*\* - n-мерные предикаты

Из анализа обобщенного графа состояний КА, представленного на рисунке 1, следует, что на графе существуют обратимые пути и один необратимый путь. Из состояния SV возможен переход в состояние SP. Причиной этого перехода является факт приема определенного количества "отрицательной" теплоты, вызванный средствами тушения пожара, благодаря чему вещество потушено, но имеет еще внутреннюю энергию, и может вновь воспламениться, если получит определенное количество "положительной" теплоты. Из состояния SG КА может перейти в состояние SP по вышеприведенной причине. Это перечислены обратимые пути. К необратимому пути относится путь, который выходит из состояния SG и заканчивается в состоянии SNV. Этот путь реализуется, когда все вещество полностью выгорело, истлело, и превратилось в невозгораемое вещество.

Для каждого состояния КА разработаны функции переходов. В качестве примера на рисунке 2 приведен граф возможных переходов КА из состояния SP.

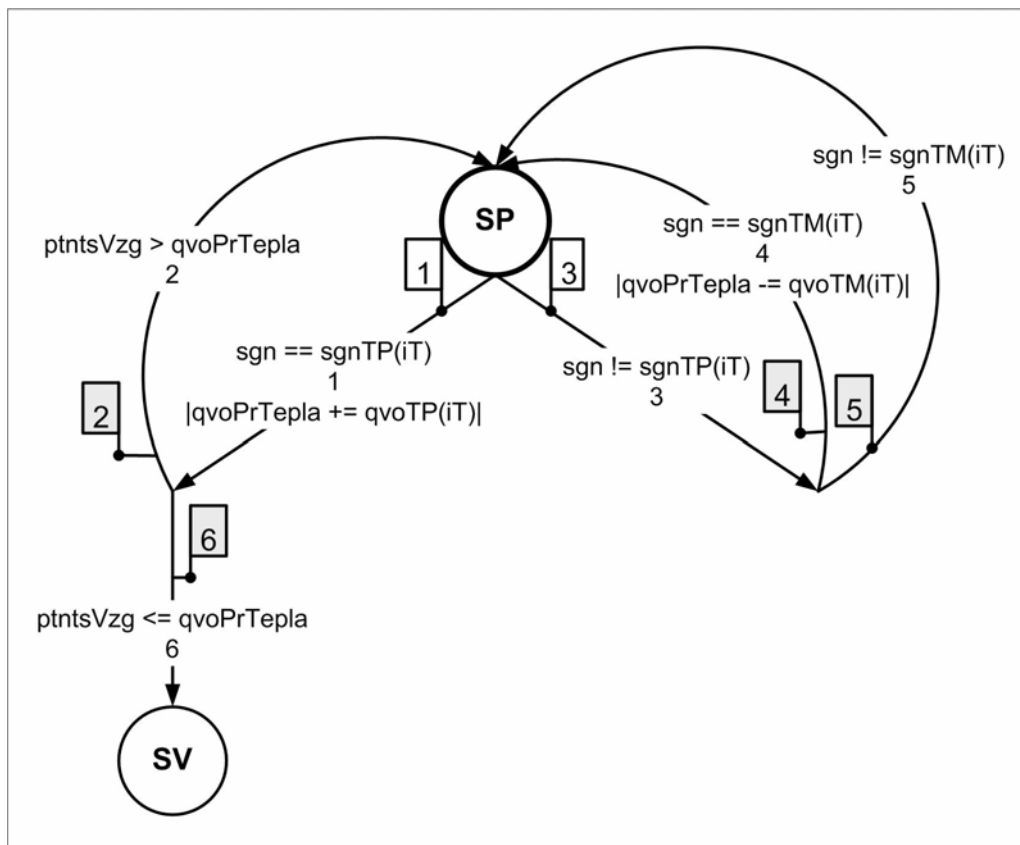


Рисунок 2 - Граф переходов КА из состояния SP

На рисунке 2 ориентированными ребрами, помеченными номерами, указаны пути переходов. В точке разветвление ребра (пути) стоят указатели в виде флажков с номерами путей возможных переходов. Каждому ребру приписан предикат, разрешающий продвижение по нему, подобно разрешающему сигналу светофора. Если значение предиката истина (**И**), продвижение по нему разрешено. Сигнал зеленый. В противном случае движение запрещено. Сигнал красный. К предикатам могут быть приписаны выражения, заключенные вертикальными черточками, как например  $|qvoPrTepla += qvoTP(iT)|$ . Значение выражения вычисляется по формуле  $qvoPrTepla = qvoPrTepla + qvoTP(iT)$ , где  $qvoPrTepla$  – количество тепла, пришедшее в предыдущий  $(i-1)T$  момент времени,  $qvoTP(iT)$  количество тепла, пришедшее в данный момент времени.

В таблице 2 приведены указатели, маршруты и функции переходов КА из состояния SP. Маршрут представляет собой перечень ребер (путей), соединяющие состояния, или состояние между собой.

Таблица 2 - Указатели, маршруты и функции переходов КА из состояния SP

Конечный указатель (маршрут)	Маршрут	Функция перехода	Переход
2	1, 2	$f_{SP-SP_2} (*)$	SP→SP
4	3, 4	$f_{SP-SP_4} (*)$	SP→SP
5	3, 5	$f_{SP-SP_5} (*)$	SP→SP
6	1, 6	$f_{SP-SV_6} (*)$	SP→SV

Функции переходов имеют следующий вид:

$$f_{SP-SV_6}(sgn, qvoPrTepla) = (sgn == sgn\_TP)_{|qvoPrTepla += qvoTP|} \wedge \wedge (qvoPrTepla \geq ptntsVzg). \quad (1)$$

Формула (1) ни что иное, как предикат [15]. С предикатом (1) связывается функция вида  $sgn \rightarrow \{И, Л\}$ , где  $sgn$  – множество сигналов, **И** – истина, **Л** – ложь. Элемент  $sgn$ , в общем случае, элемент некоторого множества **D**, при котором функция (1) обращается в высказывание для каждого элемента множества **D**. Предикаты предложенного типа отличаются от классических предикатов тем, что к высказываниям внизу с права приписаны числовые выражения, которые вычисляются в случае истинности высказывания. Назовем предикаты подобного типа, предложенные в [16], *предикатами с выражениями*. Переход из состояния SP в состояние SV возможен в том случае, если предикат  $f_{SP-SV_6}(sgn, qvoPrTepla)$  равен ИСТИНА (**И**). Это возможно в том случае, если предикаты  $sgn == qvoTP(iT)$  и  $ptntsVzg > qvoPrTepla$  равны **И**. Функции переходов КА-ов из состояния SP в SP приведены ниже.

$$f_{SP-SP_2}(\text{sgn}, \text{qvoPrTepla}) = (\text{sgn} == \text{sgnTP}(iT))_{|\text{qvoPrTepla} += \text{qvoTP}(iT)|} \wedge \wedge (\text{ptntsVzg} > \text{qvoPrTepla}). \quad (2)$$

$$f_{SP-SP_4}(\text{sgn}) = (\text{sgn} != \text{sgnTP}(iT)) \wedge \wedge (\text{sgn} == \text{sgnTM}(iT))_{|\text{qvoPrTepla} -= \text{qvoTM}(iT)|}. \quad (3)$$

$$f_{SP-SP_5}(\text{sgn}) = (\text{sgn} != \text{sgnTP}(iT)) \wedge \wedge (\text{sgn} != \text{sgnTM}(iT)). \quad (4)$$

Компьютерная модель распространения пожара на плоскости реализована на языке СИ++. На рисунке 3 а,б,в приведены фрагменты начального, срединного и конечного времени процесса распространения пожара на плоскости, "засеянной" однородным возгораемым материалом в форме слова МИР. Элементы матрицы, характеризующие возгораемое вещество, окрашены в черный цвет. Элементами матрицы, характеризующие невозгораемое вещество, окрашены в белый цвет.

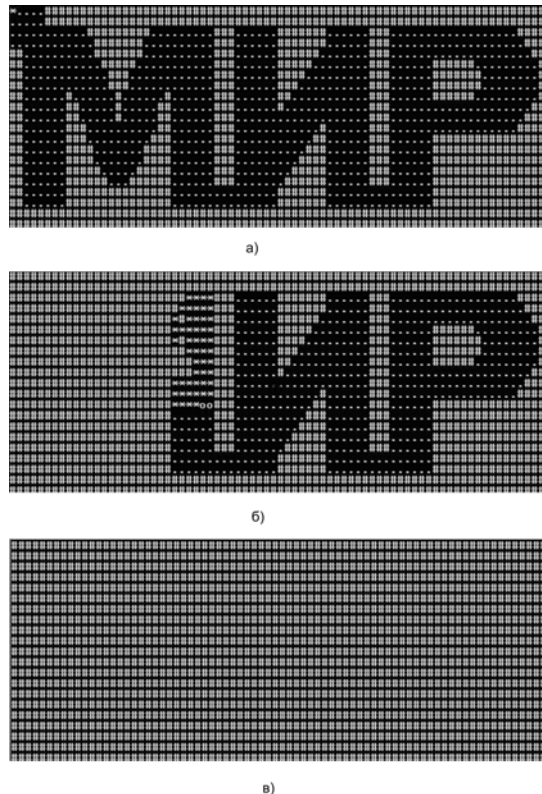


Рисунок 3 – Состояния моделируемой поверхности

Результат конечного процесса моделирования горения показан на рисунке 3в. Все горючие вещества превратились в негорючие вещества. Выгоревшее вещество на рисунке 3 не идентифицировались, и принималось как невозгораемое вещество.

**Выводы.** Разработана компьютерная модель процесса моделирования распространения пожара на плоскости. В качестве элемента модели синтезирован клеточный автомат, построенный на базе предикатов с высказываниями. Полученные результаты позволят приступить к разработке математической и компьютерной модели процесса распространения пожара на плоскости, в общем случае с расположенными на ней горючими материалами различной температуры возгораемости. В перспективе планируется создание математической и компьютерной модели процесса "просачивания" пожара на плоскости и в трехмерном пространстве.

### *Список литературы*

1. Курбатский Н.П. Классификация лесных пожаров. – В кн.: Вопросы лесоведения. Т. 1. Красноярск, 1970.
2. Мелехов И.С. Лесная пирология и ее задачи. – В кн.; Современные вопросы охраны от пожаров и борьбы с ними. М., 1965.
3. Валендик Э.Н. Ветер и лесной пожар. М., 1968. – 230 с.
4. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. М., 1976. (Гослесхоз СССР).
5. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 161с.
6. Ходаков В.Е., Граб М.В. Моделирование распространения лесных пожаров // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2003. - №2(18). – С.33-41
7. Ходаков В.Е., Граб М.В. Моделирование системы управления природными пожарами // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2001. - №1(10). – С.261-265
8. Ходаков В.Е., Граб М.В. Сетевое планирование в задаче управления ресурсами при тушении лесного пожара // Проблемы пожарной безопасности – 2001. – Вып.9. – С.33-41
9. Кацман М.Д. Юхимчук С.В. Математичні моделі оцінювання дій пожежних підрозділів при ліквідації пожеж на рухомому складі залізничного транспорту // Вісник Житомирського державного технічного університету. – Житомир, 2003. – Вип. 3(27). – С.135-142.
10. Юхимчук С.В. Визначення ймовірної оцінки дій підрозділів пожежної охорони при ліквідації надзвичайної ситуації на декількох об'єктах залізничного транспорту // Системні технології. - Дніпропетровськ, 2004. – №5(34). – С.95-109.



11. Зігангірова Ю.М., Кацман М.Д. Юхимчук С.В. Розробка математичної моделі процесу суміщення вантажів на залізничному транспорті // Вісник Херсонського державного технічного університету. – Херсон, 2003. – № 19. – С.135 - 138
12. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – М.; Мир, 1991. – 278с.
13. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. – М.; Наука, 1982. – 176с.
14. Сполдинг Д.Б. Основы теории горения. - М.; Госэнергоиздат, 1959.
15. Латотин Л.Ф., Макаренко Ю.А., Николаева В.В., Столяр А.А. Математическая логика. – Минск.; Высшая школа, 1991. – 270с.
16. Филиппенко И.Г., Глушакова А.Ю. Методология проектирования компьютерных моделей элементов с памятью для дискретных моделей, управляемых событиями // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Науково – технічний журнал, №3, 1998, С. 76 - 85.

**УДК 656.259.1**

*Прилипка А. А., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)*

## **ЗАХИСТ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТОЧКОВОГО КОЛІЙНОГО ДАТЧИКА ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ**

***Вступ.*** Як відомо, останнім часом на залізничному транспорті України однією з найважливіших проблем є автоматизація керування рухом поїздів. Однак це припускає наявність різноманітних джерел інформації про параметри рухомого складу. До таких джерел у першу чергу відносяться точкові колійні датчики (ТКД), які є основним елементом пристроїв підрахунку осей колісних пар та їхнього знаходження в певному місці залізничної колії. Такі найбільш відомі датчики визначення місцезнаходження транспортного засобу, як рейкові кола, фотоелектричні пристрої, шлейфи не вирішують завдання визначення високої точності позиціонування осі колісної пари, надійного рахунку осей, що необхідно для сучасних систем керування рухом поїздів. Разом з тим промислові підприємства України, які виготовляють ТКД, у зв'язку з не високою їхньою надійністю, останнім часом зазнають великих збитків. Не маючи необхідних для сучасних систем ТКД залізницям України доводиться купувати їх разом з другими попутними елементами, які виробляються в