

УДК 614.84

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
РАЗВИТИЯ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА И ОПТИМАЛЬНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ИМ**

**Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А.**

*НУГЗ Украины, г. Харьков*

Климатические изменения и рост антропогенной нагрузки на природную среду приводят к возрастающему количеству ландшафтных пожаров. За последние годы в Украине зафиксировано несколько крупных лесных пожаров, в том числе, - горных. Ежегодно на юге Европы, западе США, в Австралии и в России пожарами охватываются территории в десятки и сотни тысяч гектаров.

Природный пожар наносит экономический, экологический и социальный ущерб, а подавление крупного пожара требует сосредоточение большого количества сил и средств, концентрации людских и материальных ресурсов, что особенно затруднено в случае возникновения пожаров в труднодоступной или удаленной местности, в горах.

Антропогенное вмешательство в естественный ход развития природного пожара осуществляется с целью снижения последствий от данного вида чрезвычайных ситуаций (ЧС). Значительное время прибытия подразделений к удаленному труднодоступному очагу, динамический характер и масштабность ЧС объясняют складывающийся, как правило, дефицит сил и средств пожаротушения. Поэтому одним из путей снижения ущерба от пожара в условиях ограниченности ресурсов является их рациональное использование.

Скорость распространения кромки пожара является дифференциальной характеристикой, т.е. определяется локальными значениями теплофизических параметров в каждой точке контура пожара. Широкая вариабельность значений природных факторов в зоне пожара и индивидуальность очага делают уникальным сценарий естественного развития каждого пожара. Множественность вариантов прибытия, боевого развертывания, комплектации арсеналов и зависимость производительности средств пожаротушения от локальных значений природных факторов делают решение задачи ликвидации пожара неоднозначным и, соответственно, допускают существование экстремумов. Очевидно, что оперативное нахождение

решения задачи поиска оптимальных управленческих решений по организации борьбы с пожаром возможно лишь с помощью специально разработанных программных продуктов. Основой данных программ должны являться математические модели оперативно-тактического (диспетчерского [1]) уровня, которые в качестве входных параметров используют субмодели реальной ландшафтно-метеорологической обстановки в зоне пожара, а на выходе предоставляют прогноз динамики метрических и энергетических характеристик пожара, в том числе, с учетом управляющего воздействия на них.

Возможностью описания реальной обстановки в зоне пожара обладают геоинформационные системы (ГИС). При этом лучшие из существующих специализированных программных продуктов, такие как [2], базируются на использовании растрового формата данных, что, в виду дискретного характера и низкой точности описания границ ландшафтных объектов, не обеспечивает приемлемой точности при описании динамики области наземного ландшафтного пожара в условиях развитой топографии местности. Соответственно, такие программы не могут быть использованы в качестве инструмента получения прогноза динамики пожара.

В цикле работ [3-10] предложены новые способы описания природных факторов в зоне пожара – цифровые модели местности (ЦММ), основанные на континуальном подходе, которые позволили, в свою очередь, получить модели динамики пожара, его локализации и тушения.

В работе [3] предложена высокоточная аналитическая модель, позволяющая на основе векторизации обычных «твердых» карт горизонталей получать неразрывную всюду гладкую аппроксимацию поверхности рельефа.

В работе [4] предложена альтернативная как растровой, так и векторной векторно-функциональная модель пространственных данных, позволяющая совмещать достоинства векторного подхода описания границ ландшафтных объектов с возможностью функционального задания каждого из пирологических свойств внутри этих границ, что не характерно для современных ГИС.

В работе [5] предложена модель неоднородного векторного поля приземного ветра, учитывающая особенности рельефа и пространственного распределения растительного покрова.

Задание пирологических факторов в виде кусочно-непрерывной функции двух переменных позволило получить пространственное поле азимутальной скорости распространения кромки пожара.

Внесение в данное поле описания [6] контура очага пожара в виде кубической параметрической сплайн-аппроксимации координат узловых точек и использование предложенной в [7] имитационной модели динамики контура пожара, сделало возможным получение прогноза динамики области пожара (рис. 1), ее метрических и энергетических характеристик (рис. 2).

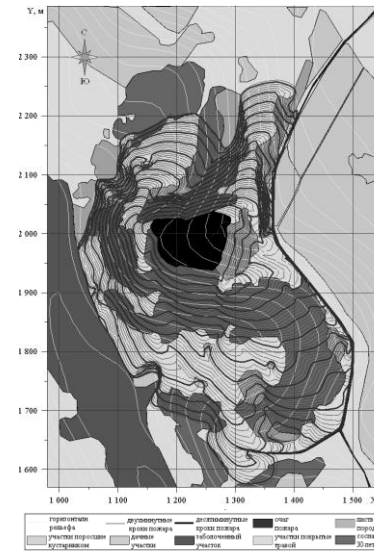


Рис. 1– Пошаговый прогноз развития наземного пожара

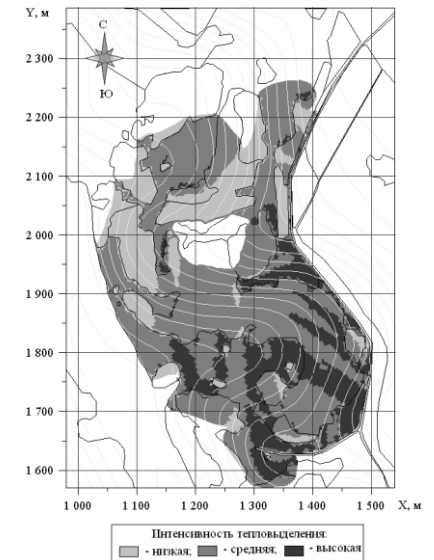


Рис.2 – Прогноз интенсивности тепловыделения кромки пожара

Знание прогноза динамики пожара и введение в качестве входных данных параметров сил и средств пожаротушения, их начального размещения и направления атаки, зависимости производительности от времени и локальных ландшафтных условий позволило [9] получить имитационные модели локализации области пожара и тушения его кромки. Это, в свою очередь, позволило создать модель нахождения управленческих решений, обеспечивающих оптимальную (по критерию минимума совокупного ущерба) тактику борьбы с пожаром в условиях ресурсных ограничений (рис. 3).

Данные математические модели были реализованы в виде единого программного комплекса, который можно рассматривать как систему поддержки принятия решений. Комплекс продемонстрировал [10]

свою эффективность при составлении плана пожаротушения крупного ландшафтного пожара.

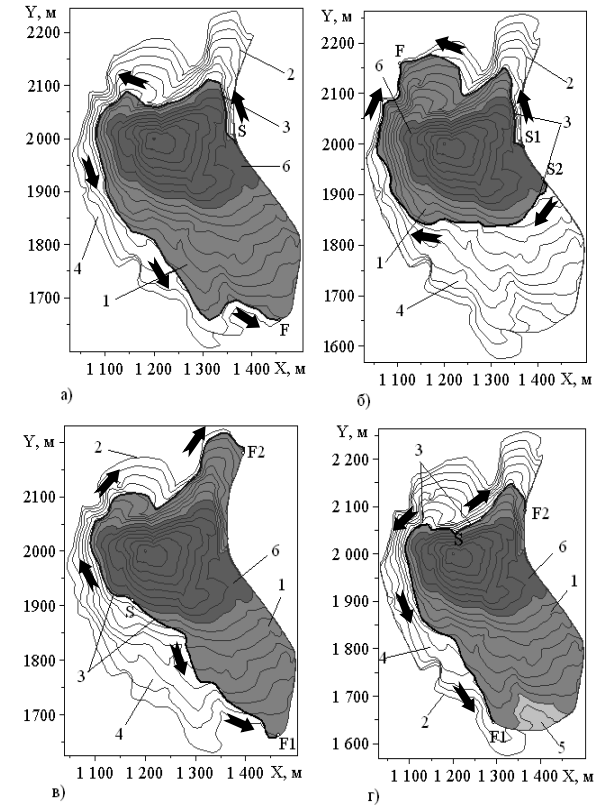


Рис. 3 – Примеры оптимальной тактики тушения пожара в зависимости от выбора средств пожаротушения: 1-область пожара в момент окончания тушения; 2 -десятиминутные кроки пожара; 3-маршруты движения сил пожаротушения; 4- естественное (в отсутствии тушения) развитие пожара; 5 -участок непотушенного, но локализованного пожара; 6-очаг пожара в момент начала тушения. Указаны направления атаки подразделений

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 161 с.
2. M.A. Finney. FARSITE: Fire Area Simulator - Model Development and Evaluation. USDA For. Serv. Res. Pap. RMRS-RP-4. 1989.
3. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Формирование априорной информации для системы ликвидации последствий чрезвычайной ситуации// Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. АЦЗ України. Вип. 6.– Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 11-22
4. Тарасенко О.А. Математичне моделювання вихідних параметрів областей надзвичайних ситуацій // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 8. - Харків: УЦЗУ, 2008. - С. 185-193
5. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Математическая модель локальных воздушных течений над поверхностью рельефа // Науковий вісник будівництва. Вип. 45.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008. – С. 132-139
6. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Аналитическая математическая модель контура зоны локальной чрезвычайной ситуации // Науковий вісник будівництва. Вип. 42.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2007. – С. 171-174
7. Тарасенко А.А. Модель динамики контура природного пожара под действием совместного влияния ландшафтно-метеорологических факторов // Проблемы пожарной безопасности. - Харьков: УГЗУ, 2008. – Вып. 24. - С. 194-200
8. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Расчет параметров локализации области природного пожара// Науковий вісник будівництва. Вип. 53.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 257-262
9. Тарасенко А.А. Оценка эффективности управленческих решений при ликвидации природных чрезвычайных ситуаций // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 10. - Харків: УЦЗУ, 2009. - С. 171-178

Предложен комплекс математических моделей, на основе которого создано программное обеспечение для прогнозирования динамики наземного ландшафтного пожара, нахождения оптимальных управленческих решений с целью минимизации последствий от него.

