

П.Н. Гоман, Е.С. Соболевская

(Университет гражданской защиты МЧС Беларуси; e-mail: g_pn83@mail.ru)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

Приводятся результаты обзора компьютерных программ по прогнозированию динамики и последствий лесных пожаров. Разработано программное обеспечение по моделированию динамики лесных пожаров с возможностью определения количества сил и средств, необходимых для их ликвидации, и вероятности перехода фронта пожара через противопожарный барьер.

Ключевые слова: лесной пожар, компьютерное моделирование, противопожарный барьер.

P.N. Goman, E.S. Sobolevskaya

COMPUTER MODELING IN TASKS OF WOODLANDS FIRE SAFETY

The results of the review of computer programs that forecast the dynamics and effects of forest fires are given. The program for modeling the dynamics of forest fires, which allows to calculate the number of necessary forces and means to eliminate them and to estimate the probability of transition fire front through fire barrier, is developed.

Key words: forest fire, computer modeling, fire barrier.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 ноября 2016 г.

Введение

В Беларуси леса являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств. Площадь лесного фонда составляет примерно 46 % от общей площади страны. Лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития страны, обеспечения её экономической, энергетической, экологической и продовольственной безопасности. Из множества факторов природного и антропогенного характера наибольшую опасность для лесных массивов представляют пожары, которые продолжают наносить значительный материальный и экологический ущерб, особенно в засушливые периоды. В этой связи для повышения уровня защищенности лесного фонда требуется дальнейшее совершенствование системы пожарно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возгораний, их раннее обнаружение, прогнозирование и ограничение условий распространения, своевременную ликвидацию.

В условиях *лесных пожаров (ЛП)* для принятия правильных управленческих решений по их ликвидации необходим оперативный и точный прогноз динамики ЛП на основе данных разведки. В этой связи актуальным видится внедрение в работу пожарных аварийно-спасательных подразделений компьютерных программ по оценке динамики ЛП.

Обзор программ по прогнозированию динамики лесных пожаров

На современном этапе учеными разных стран разработан ряд математических моделей распространения ЛП. Они существенно различаются по набору исходных данных и алгоритмам их обработки. Например, в простых методиках, основанных на эмпирических зависимостях, используются только метеорологические данные и данные о напочвенном покрове, а результатом являются скорости распространения фронта, флангов и тыла пожара. Более сложные модели дополнительно учитывают рельеф местности, состав и состояние лесного горючего материала, естественные и искусственные преграды и с использованием многомерных уравнений газовой динамики определяют области сгоревших и горящих участков леса в трехмерном представлении. На основе этих моделей разработаны различные *программные комплексы (ПК)*. Ниже приведен обзор некоторых из них.

В настоящее время в Республиканском центре управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь используется ПК "Расчёт и визуализация динамики лесного пожара", позволяющий в реальном времени рассчитывать конфигурацию контура ЛП, его периметр, площадь выгоревшего леса, визуализировать результаты на электронной карте, прогнозировать положение фронта ЛП [1].

Перед началом работы с программой необходимо задать основной тип лесного горючего материала в области моделирования, а также подобласти произвольной формы со своими типами лесного горючего материала или их отсутствием. ПК поддерживает загрузку отсканированных и откалиброванных карт в качестве фона. Задание пользователем конфигураций подобластей сводится к "обрисовке" их границ мышкой на электронной карте.

Для расчёта верховых пожаров в данной программе используется разработанная и описанная в [1] адаптированная математическая модель, а для низовых пожаров – методика [2].

Прогнозирование развития пожара происходит по предложенному и запрограммированному алгоритму. Область моделирования покрывается равномерной сеткой, ячейки которой могут принимать значения "сгорела", "горит", "не горела". Фронт пожара формируется совокупностью "горящих" граничных ячеек. Каждая из них за выбранное время формирует новую конфигурацию фронта пожара. В результате расчёта получается изображение, которое отображает конфигурацию контура пожара (рис. 1), для которого автоматически рассчитываются периметр и площадь пожара в каждый момент времени.

В данном ПК доступно задание и редактирование границ очагов пожаров, конфигураций областей, площадных объектов, дорог, водных преград и т.п. Достоинство такого детального подхода к моделированию динамики ЛП превращается в главный недостаток – необходимость значительных затрат времени для подготовки карты к работе программы.

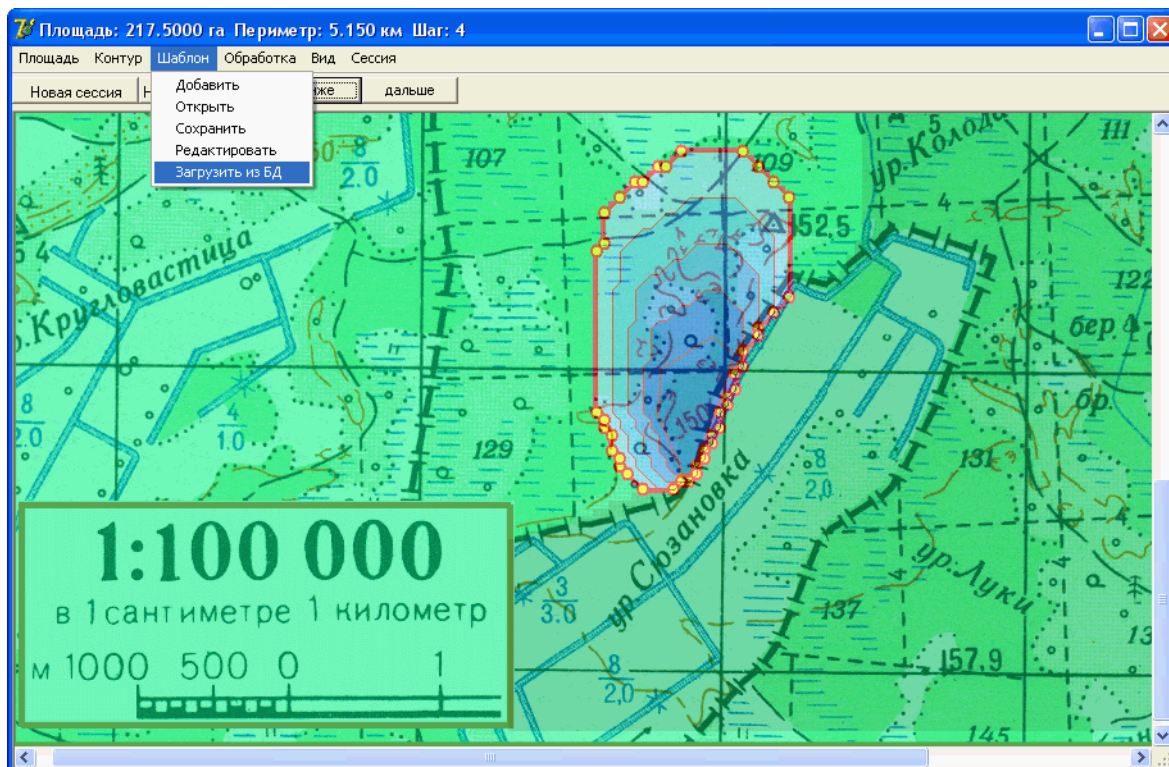


Рис. 1. Скриншот окна по моделированию динамики ЛП в ПК "Расчёт и визуализация динамики лесного пожара"

Также существует программа "PSModel", разработанная в Сибирском государственном технологическом университете и предназначенная для прогнозирования распространения ЛП, а также подготовки документов с результатами для дальнейшего анализа специалистом [3].

Для расчёта в данной программе используется вероятностно-множественная модель распространения ЛП [4], которая учитывает случайный характер его распространения.

В ПК возможно управление ходом моделирования: можно замедлять/ускорять, останавливать или ставить на паузу процесс моделирования. По окончании моделирования возможна навигация по полученной карте и сохранение результатов, как в виде простого растрового изображения, так и в виде отчета, содержащего карту с построенным контуром ЛП и его числовыми характеристиками. Окно настроек позволяет задавать значение для следующих величин: длительность прогноза, скорость таймера на выполнение одного шага моделирования, цвет негорючих преград, масштаб карты.

В результате моделирования динамики пожара получается нанесенный на карту местности контур пожара с использованием трех цветов: желтый – горящие точки кромки, красный – охваченная огнем и сгоревшая территория, оранжевый – горящие точки, попавшие в моменты времени, кратные шагу, а также карта вероятностей локального распространения и характера движения фронтов (рис. 2).

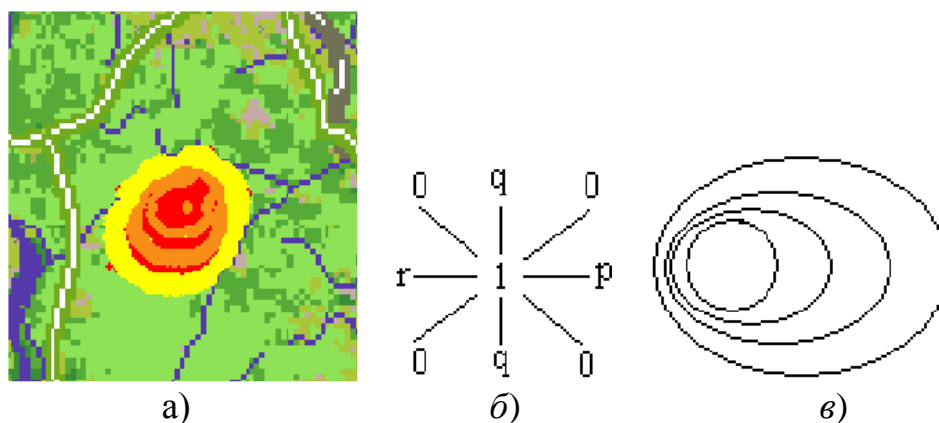


Рис. 2. Скриншот окна по моделированию динамики ЛП в ПК "PSModel"

Основным недостатком разработанной программы является возможность моделирования процесса распространения ЛП, основываясь только на вероятности воспламенения лесных горючих материалов. Также отсутствует возможность задавать шаг моделирования самостоятельно (в программе предусмотрен шаг – 1 час). А полученная в результате карта обладает недостаточной наглядностью.

В Алтайском государственном техническом университете имени И.И. Ползунова разработан ПК "Project Fire Map", который предназначен для мониторинга лесных массивов, моделирования ЛП, прогнозирования динамики их развития [5].

Для расчёта в данном ПК используется роевой интеллект и алгоритм фронтальных клеточных автоматов.

Для моделирования карты местности в программе необходимо максимально достоверно генерировать ландшафт местности. Для этого применяется эрозия ландшафта, характерная климатическим условиям в рассматриваемой местности.

В результате моделирования динамики ЛП получается изображение подобное приведенному на рис. 3. К достоинствам предлагаемого подхода можно отнести возможность передачи полученных результатов моделирования через сети спутниковой связи, Internet, с использованием мобильной связи. Так же одной из главных особенностей является возможность использования программы на мобильных телефонах и планшетных компьютерах.

Недостатком программы "Project Fire Map" является то, что для генерации ландшафта местности необходимы значительные затраты времени и дополнительные знания по использованию графиков биомов (крупных экосистем, для которых характерен определенный климат).

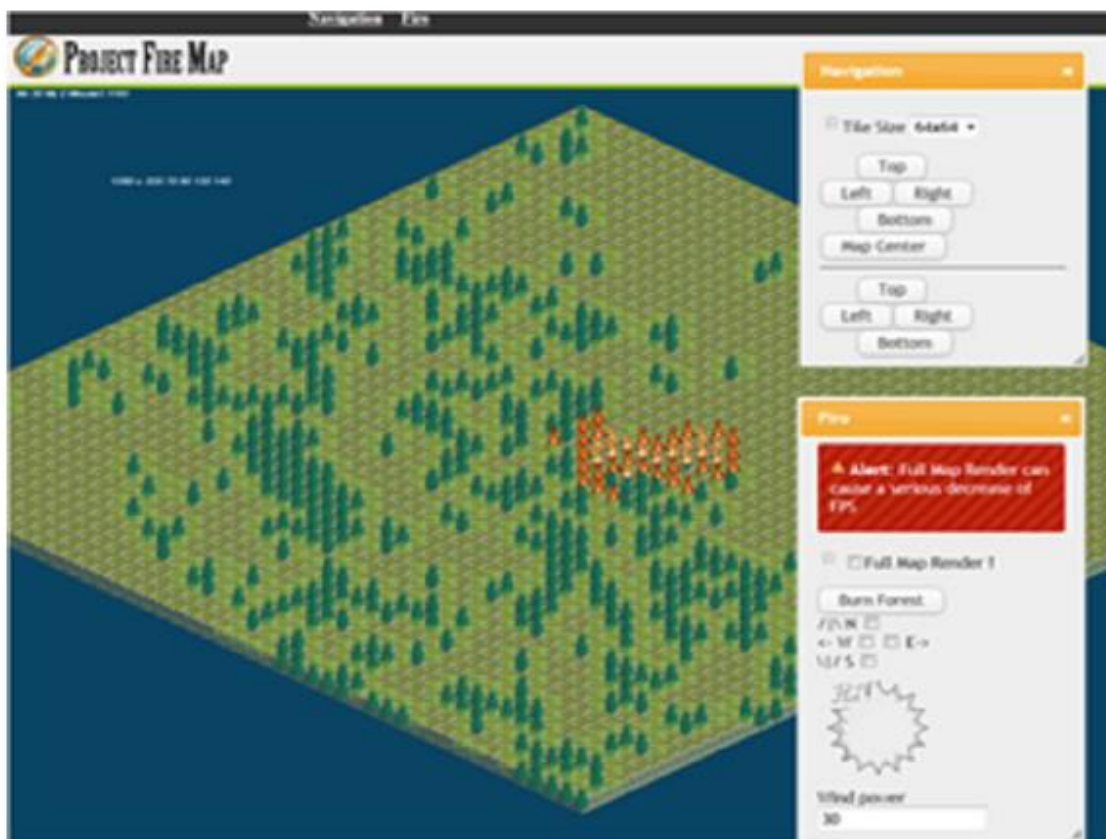


Рис. 3. Скриншот окна по моделированию динамики ЛП в ПК "Project Fire Map"

Таким образом, разработанные математические модели и компьютерные программы по прогнозированию динамики и последствий ЛП достаточно полно учитывают процессы тепло- и массообмена, физико-химических реакций и превращений. Однако некоторые из них сложны, трудно реализуемы, требуют больших объёмов памяти, значительных вычислительных мощностей и быстродействия ЭВМ, и поэтому пока не достигли уровня практического применения. В этой связи актуальным видится создание более простых компьютерных программ и приложений, позволяющих руководителю тушения пожара получать оперативную оценку динамики ЛП (прогнозировать контур пожара на карте местности, оценивать его периметр и площадь), а также, что немаловажно в условиях ЛП, осуществлять расчёт сил и средств, необходимых для их ликвидации.

Разработка алгоритма работы программы

Для создания программы по моделированию динамики ЛП были разработаны общий алгоритм работы программы, а также дополнительные алгоритмы для описания действий по определению необходимого количества сил и средств для ликвидации ЛП и по определению возможности перехода фронта пожара через противопожарный барьер (рис. 4-6).

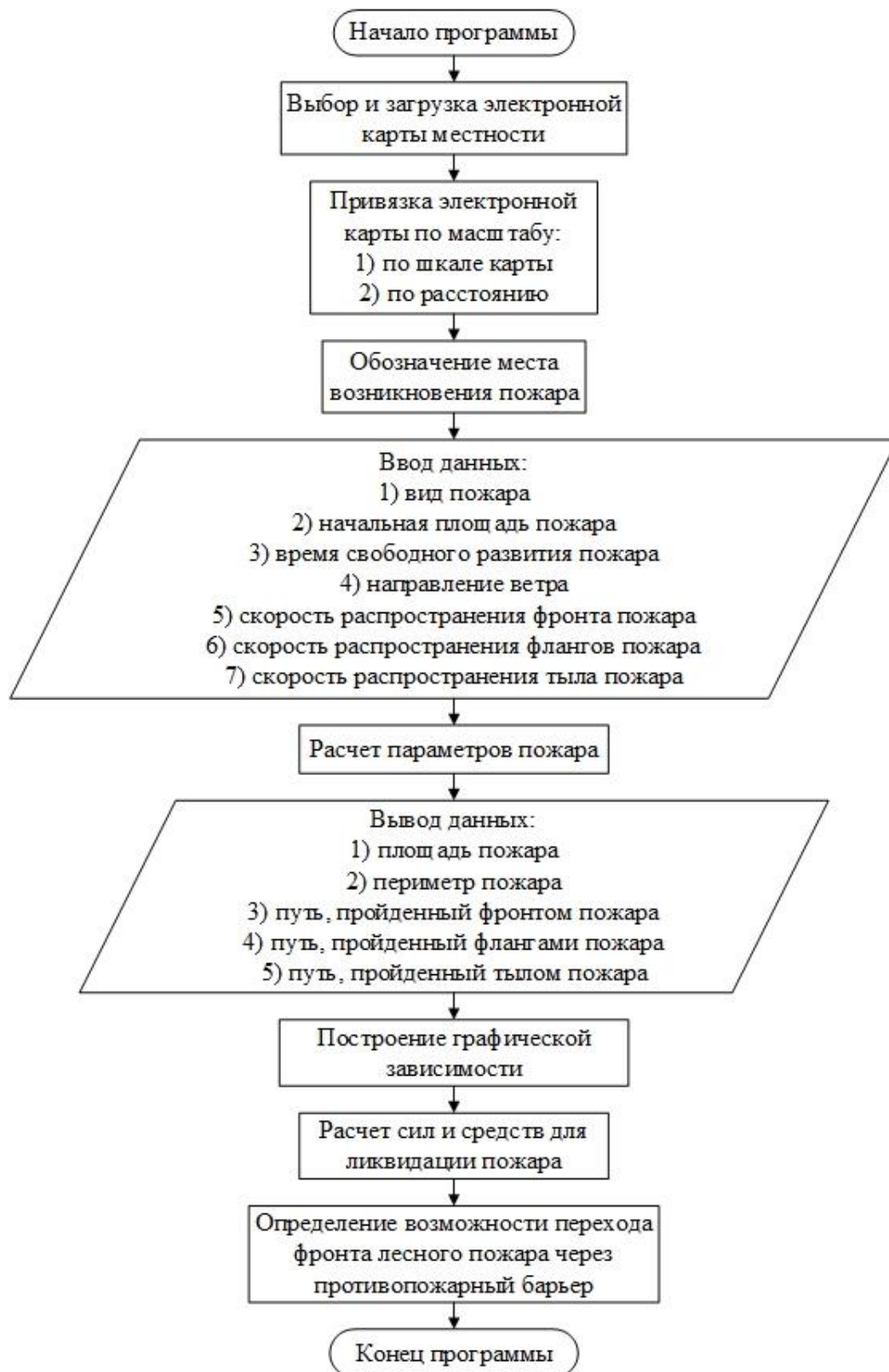


Рис. 4. Блок-схема алгоритма динамики ЛП

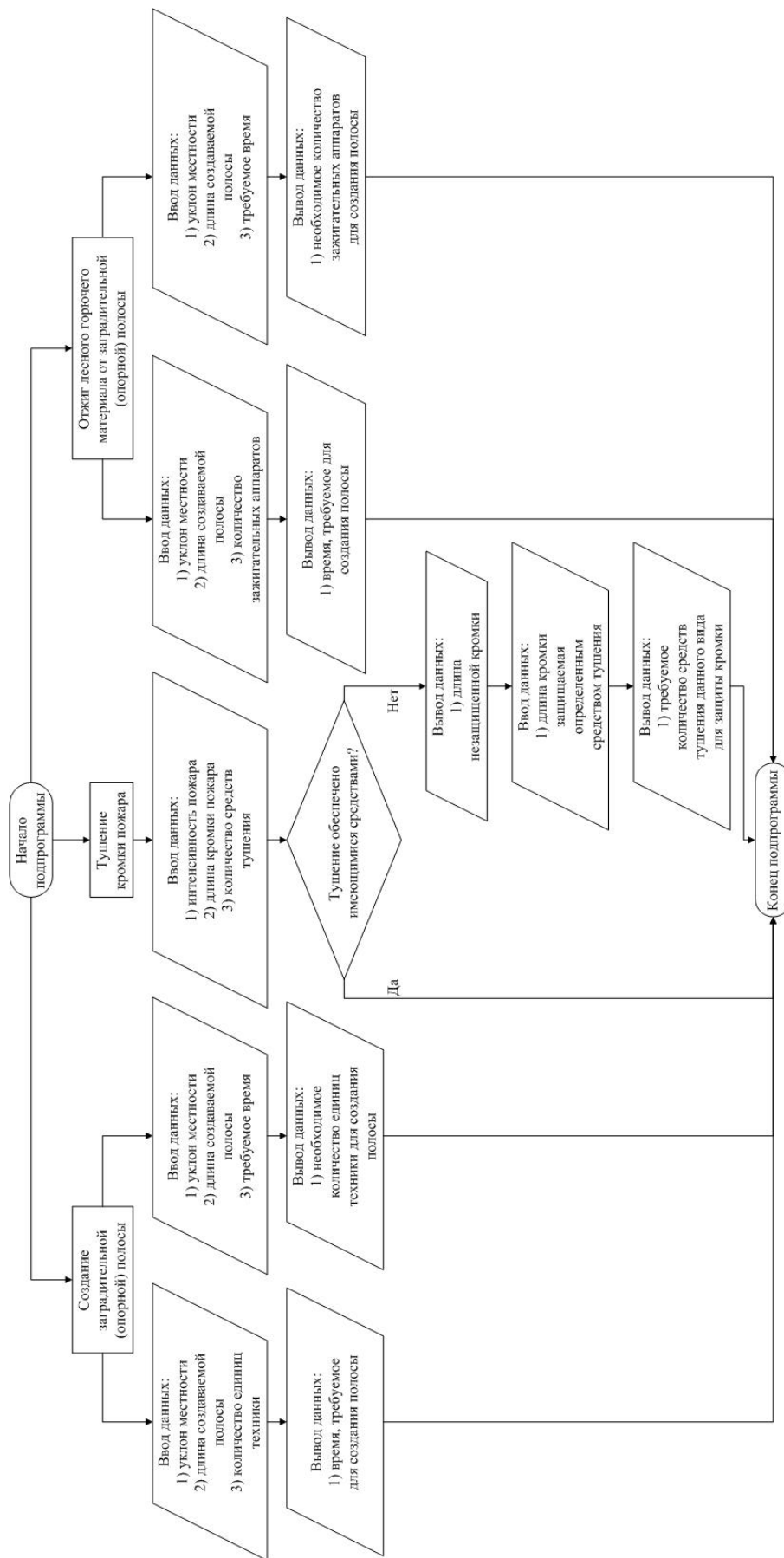


Рис. 5. Блок-схема алгоритма расчёта необходимого количества сил и средств для ликвидации ЛП

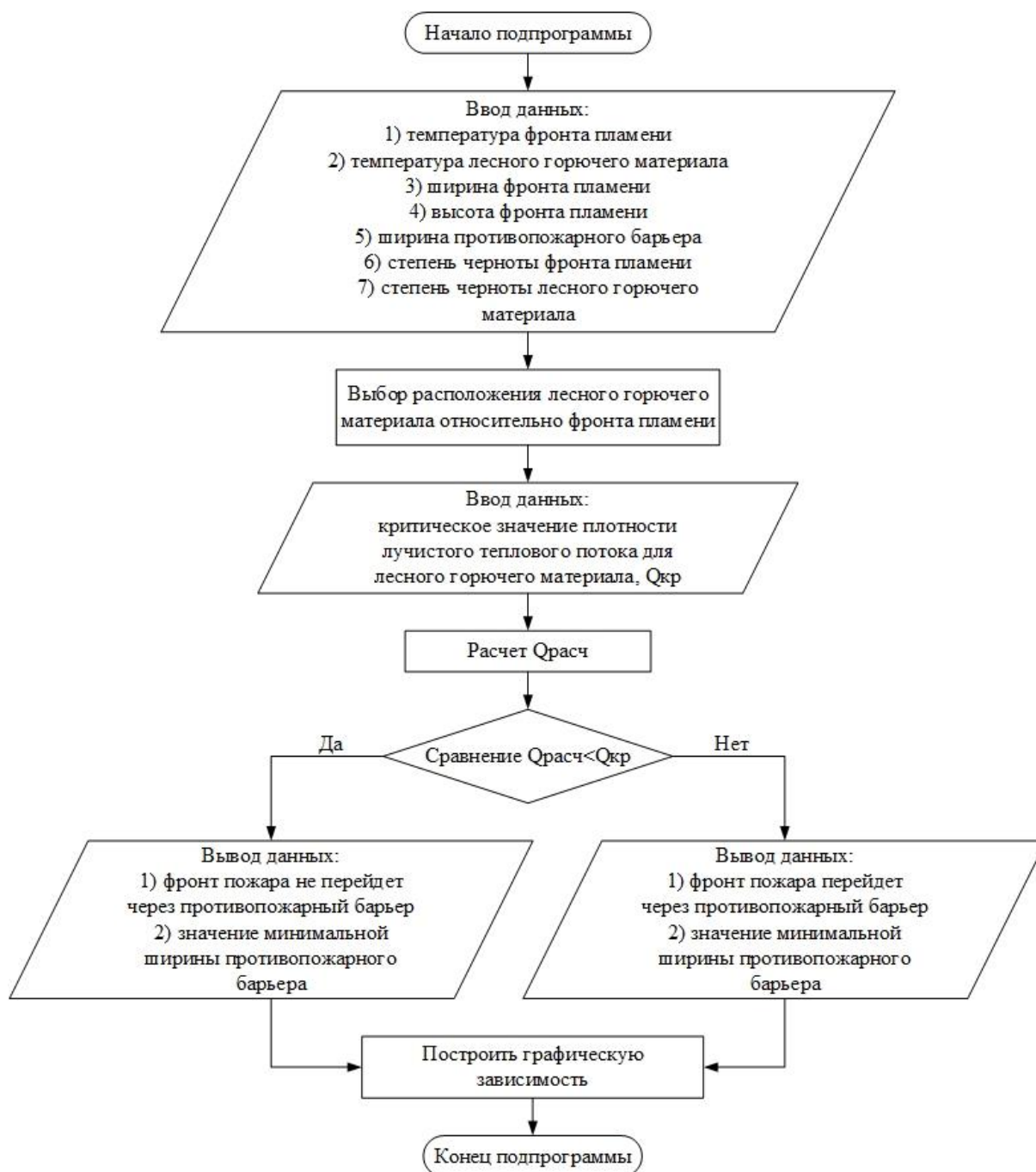


Рис. 6. Блок-схема алгоритма определения возможности перехода фронта ЛП через противопожарный барьер

Разработка программы

Разработанная по приведенному выше алгоритму в среде Delphi программа "Wildfire" позволяет за минимальное время определять:

- скорость распространения фронта, флангов и тыла ЛП;
- площадь и периметр ЛП;
- контур ЛП с отображением на карте местности (поддерживаемый формат карт – .bmp) (рис. 7);
- количество сил и средств, необходимых для ликвидации пожара, в зависимости от выбранного способа тушения (тушение кромки пожара, создание заградительной полосы, отжиг лесного горючего материала) или их комбинации и производительности применяемых средств;
- возможность перехода фронта пламени ЛП через противопожарный барьер.

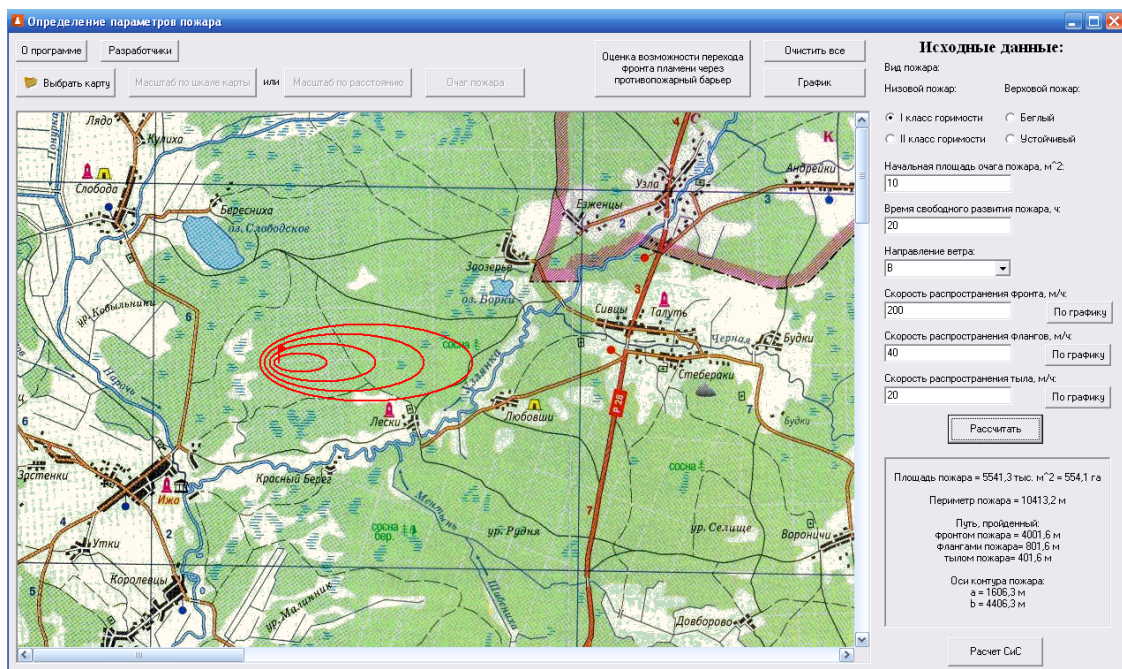


Рис. 7. Скриншот окна по моделированию ЛП в ПК "Wildfire"

Первичными исходными данными для программы являются элементы графики, обозначающие масштаб карты и место возникновения тыла пожара. На следующем этапе вводятся дополнительные параметры: вид пожара, время свободного развития пожара, направление ветра и скорости распространения фронта, флангов и тыла пожара.

Для расчёта динамики ЛП в разработанной программе используются методики, изложенные в [6, 7].

Заключение

Достоинством разработанной программы "Wildfire" является возможность расчёта количества сил и средств, необходимых для ликвидации ЛП, с учётом площади и интенсивности горения, а также возможность определения вероятности перехода фронта ЛП через противопожарные барьеры естественного и искусственного происхождения.

Результаты прогноза, полученные с помощью разработанной программы, могут быть использованы для принятия управленческих решений по ликвидации ЛП, включая решения о привлечении дополнительных сил и средств, об эвакуации населения или оборудования субъектов хозяйствования.

По данным прогноза развития пожара может проводиться разработка плана тушения пожара, в котором определяются способы и тактические приемы ликвидации пожара, распределение сил и средств, решающее направление боевых действий и т.п.

Программа ориентирована на использование работниками комиссий по чрезвычайным ситуациям всех уровней, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

Работа выполнена в рамках проекта № Ф15М-026 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований "Моделирование процесса распространения пламени по слою наземного лесного горючего материала".

Литература

1. **Баровик Д.В.** Методы и алгоритмы геоинформационной визуализации при компьютерном моделировании лесных пожаров: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18. БГУ. Минск, 2010. 118 с.
2. **Rothermel R.C.** A Mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Ogden: USDA Forest Service, Research Paper INT-115, 1972. 43 p.
3. **Иванилова Т.Н.** Компьютерное моделирование геометрии динамики лесного пожара на основе информации ИСДМ-Рослесхоз // Universum: Технические науки. 2013. № 1 (1).
4. **Воробьев О.Ю., Валендик Э.Н.** Вероятностное множественное моделирование. Новосибирск: Наука, 1978. 160 с.
5. **Умбетов С.В.** Программный комплекс для моделирования и прогнозирования динамики распространения лесных пожаров // Ползуновский альманах, 2012. № 2. С. 199-200.
6. **Нехорошев С.И., Рыжиков В.С., Рощина В.В., Шевченко А.С.** Методика оценки последствий лесных пожаров. М., 1994. 20 с.
7. **Звягинцева А.В.** Оценка современных методик прогнозирования развития лесных пожаров и возможные пути их усовершенствования // Технологии гражданской безопасности. 2006. № 4 (3). С. 33-36.