

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
Национального исследовательского  
Томского государственного  
университета, доктор физико-  
математических наук

И.В. Ивонин  
« 13 » декабря 2015 г.



### ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертацию**

Шаталова Павла Сергеевича

«Система поддержки принятия решений по управлению  
Природными пожарами с использованием высокопроизводительных  
вычислительных систем и данных космического мониторинга»,

**представленную на соискание ученой степени**

**кандидата технических наук**

**по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка  
информации**

Проблема природных пожаров, к которым относятся пожары в лесах, степях, на торфяниках и других природных объектах, приобрела катастрофические масштабы. Существующие в настоящее время как отечественные, так и зарубежные системы мониторинга состояния лесов, либо не имеют функции прогнозирования динамики пожаров, либо эти функции основываются на упрощенных математических (экспериментальных) моделях, которые не позволяют достаточно точно прогнозировать параметры пожара и принимать обоснованные решения по управлению пожарной ситуацией. В то же время, существующие системы, опирающиеся на описание физико-химических процессов, протекающих при горении растительного горючего, позволяют достаточно точно рассчитывать параметры процесса горения растительного горючего в трехмерном пространстве, однако в силу своей сложности они требуют большого объема

исходных данных, очень сложных вычислений и их быстроедействие совершенно недостаточно даже при использовании современных многопроцессорных вычислительных систем. Поэтому тема диссертации Шаталова П.С., посвященная совершенствованию методов и средств поддержки принятия решений при пожароуправлении путем создания эффективных математических моделей и программ, реализованных с помощью высокопроизводительных вычислительных систем и данных космического мониторинга, несомненно, является *актуальной*.

Исходя из указанной цели исследования, соискателем были поставлены и решены следующие *задачи*:

- анализ пожароуправления как сложной природно-административной системы;
- освоение и локализация программного пакета WFDS на отечественных высокопроизводительных вычислительных системах;
- проведение компьютерных экспериментов по уточнению эмпирических моделей;
- разработка комплекса математических моделей, использующих отдельные модули программного пакета WFDS для получения быстродействующих моделей с приемлемой точностью;
- привязка моделей свойств растительных горючих материалов к отечественной системе лесной таксации;
- использование космических снимков лесов для создания входных данных для систем моделирования и поддержки принятия решений;
- разработка на базе предложенных моделей алгоритмов решения ряда конкретных задач принятия решений при пожароуправлении.

Научная *новизна* полученных диссертантом результатов заключается в разработке метода уточнения параметров эмпирических моделей природных пожаров отличающегося тем, что дорогостоящие натурные эксперименты заменены компьютерным моделированием в системе WFDS, что позволило повысить точность моделирования без серьезных затрат. В частности,

автором оценено совместное влияние скорости ветра и уклона местности на скорость распространения природного пожара, получены адекватные зависимости. Предложена методика создания гибридных моделей, объединяющая возможности эмпирических и физических систем, что позволяет повысить точность моделирования при сохранении достаточного быстродействия. Методика реализована путем учета в эмпирической модели эффекта турбулентности локальных воздушных потоков перед фронтом пожара, рассчитанного с помощью физической модели. Соискателем впервые решена комплексная задача по созданию информационной основы для моделирования растительных пожаров, включающая следующие подзадачи: оценка параметров растительного горючего по данным таксационного описания лесных участков, что позволило привязать систему WFDS к отечественной системе лесоустройства; представление растительного горючего как тонкого слоя на поверхности Земли (граничная модель), характеристики которого оцениваются на основе космических снимков лесных территорий и карт лесов, что необходимо для моделирования крупных природных пожаров; разработка алгоритма получения входных данных о топографии местности для системы WFDS на основе свободно распространяемых цифровых моделей высот (Digital Elevation Model - DEM) со спутников SRTM и ASTER GDEM. Впервые на основе физически обоснованных моделей в 3D-пространстве предложены алгоритмы по поддержке принятия управленческих решений в следующих задачах: прогнозирование процесса распространения природного пожара в нестационарных условиях в анизотропной среде; определение безопасной ширины противопожарных разрывов в слое горючих материалов; оценка возможности воспламенения объектов инфраструктуры от теплового воздействия приближающегося природного пожара; расчет запаса времени для принятия противопожарных мер при угрозе объектам инфраструктуры; расчет путей локализации природных пожаров силами пожарных команд;

расчет путей безопасной эвакуации людей и техники из зоны действующего природного пожара.

*Достоверность полученных Шаталовым П.С. результатов доказана на основе использования адекватных математических моделей и данных космического мониторинга лесов, сравнением расчетных и экспериментальных данных, большим количеством компьютерных экспериментов, показавших достаточное совпадение с наблюдением за реальными пожарами.*

*Практическая значимость.* Основным прикладным применением результатов диссертационного исследования является локализованная в отечественных кластерных системах программа WFDS, которая позволяет использовать ее в системах поддержки принятия решений по пожароуправлению в РФ. Соискателем разработан алгоритм создания входных файлов о характеристиках растительных горючих материалов для системы WFDS на основе таксационных описаний леса. Разработан алгоритм для создания входных файлов модели тонкого слоя для WFDS на основе космических снимков лесных территорий и карт лесов. На основе исходного кода WFDS создано программное обеспечение для решения ряда актуальных задач пожароуправления, которое может быть использовано для оперативного прогнозирования динамики природных пожаров в отечественных системах пожарного мониторинга лесов, таких как ИСДМ-Рослесхоз, КАСКАД (МЧС) и других. Автору рекомендуется продолжить работу как по совершенствованию предложенной программы и алгоритмов, так и по их применению к задачам распространения природных пожаров.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, содержащего 164 наименования, и пяти приложений. Диссертация содержит 38 рисунков. Объем диссертации составляет 134 страницы, приложений - 28 страниц.

По результатам исследований опубликованы 15 работ (из них 4 по списку ВАК). Из работ, выполненных совместно, в диссертацию включены

результаты, полученные автором лично. В работах, выполненных в соавторстве с руководителем, автору принадлежит большая часть результатов. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 12 Всероссийских и Международных научных конференциях, и хорошо известны специалистам. Содержание автореферата адекватно отражает основные положения диссертации.

Основные замечания по диссертации состоят в следующем:

1. В диссертации и автореферате отсутствуют положения, выносимые на защиту (приказ Минобрнауки России №1560 от 09 декабря 2014 г., п.6). В связи с этим сложно оценить, что, по мнению соискателя, является основными защищаемыми результатами.

2. Название диссертации по нашему мнению не полностью отражает суть проведенных исследований. В названии подчеркивается «использование высокопроизводительных вычислительных систем», однако автор в своей работе не рассматривает вопросы, связанные численными алгоритмами или высокопроизводительными вычислениями.

3. Автор использует нестандартную терминологию, в связи с чем затруднено понимание текста диссертации. В частности, автор использует термин «аналитические модели», под которым понимает модели, основанные на законах сохранения энергии, массы и импульса (стр. 31). Однако для этого общепринятым термином является «физические модели». Аналогичное замечание вызывают используемые автором термины «экспериментально-аналитические» и «экспериментально-статистические модели».

4. В уравнении 2.2 отсутствует описание переменных (стр. 35).

5. Отсутствуют ссылки в тексте диссертации на рисунки 2.1-2.10, 4.3, 4.4, 5.1 и таблицу 2.2. В связи с этим возникает вопрос о их целесообразности.

6. Автор везде использует термин «эксперимент», при этом имея в виду численный эксперимент. Это мешает пониманию текста и вызывает путаницу.

7. Что автор понимает под термином «теплота пиролиза», приведенным в таблице 3.2? Может быть имеется ввиду «теплота сгорания»?

8. Автор сравнивает результаты расчетов по WFDS-LS с WFDS-PB, считая WFDS-PB за эталон точности. Однако WFDS-PB это тоже математическая модель, которая имеет свои ограничения и погрешности. На основании чего соискатель считает, что WFDS-PB выдает адекватные результаты для рассмотренных в диссертации случаев?

9. Не понятно к чему относится ссылка (7) в последнем абзаце на стр. 71.

10. Горючий материал *Themeda australis*, используемый для верификации модели, является травянистым растением саванн Африки и Австралии. Закономерна ли в этом случае экстраполяция результатов на растительность Сибири и России?

11. В диссертации не представлен алгоритм перехода от описания лесного участка (табл. 4.2) к наименованию горючего материала (таблица 4.3), в связи с чем затруднено понимание методики.

12. Из описания параграфа 4.4 не ясно, какие физические свойства горючего и размеры необходимо указать для описания в модели тонкого слоя горючего. Также автор не приводит оценки точности данного подхода.

13. В главе 5 рассматривается влияние фронта пожара и теплового потока на объекты инфраструктуры. Известно (J.D. Cohen, 1999; S.L. Manzello, 2012; Mohamad El Houssami et al., 2015), что одним из основных факторов, влияющих на распространение природных пожаров и воспламенение строительных материалов, являются горящие частицы. Они могут переноситься на десятки метров, и даже километры и вызывать возникновение новых очагов пожаров и зажигание строений. Однако этот механизм никак не учитывается автором в диссертации при решении задач принятия решений по пожароуправлению. Целесообразно в связи с этим привести допущения или причины игнорирования этого механизма.

14. В задачах локализации и уклонения от пожара (глава 5) автор не уделяет достаточного внимания постановке и анализу задач, сосредоточив внимание на алгоритмах численного моделирования.

15. Диссертация содержит некоторые опечатки, синтаксические и грамматические ошибки, что, впрочем, не приводит к неоднозначности толкования слов автора.

В качестве уточнения и дальнейшего развития работы можно порекомендовать автору использовать программный продукт WindNinja для создания поля ветра на рассматриваемой территории по исходным данным метеостанций.

Сделанные замечания не умаляют значения полученных результатов, и, скорее, могут рассматриваться как рекомендации для дальнейшего развития этого направления исследований.

В целом, результаты выполненной работы П.С. Шаталова отличаются комплексным междисциплинарным подходом к решению предложенных задач, который заключается в использовании методов математического моделирования с помощью высокопроизводительных вычислительных систем и данных космического мониторинга, ГИС-технологий, теории принятия решений, вычислительных экспериментов и обработки экспериментальных данных.

Диссертация представляет собой завершенное научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на высоком уровне. Применяемые в диссертации методы и подходы адекватны существу поставленных задач и соответствуют современному состоянию исследований в области разработки специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации для борьбы с природными пожарами. Структура диссертации соответствует всем нормам и требованиям, принятым в современной науке и пунктам 4,5,9 паспорта специальности 05.13.01. Полученные результаты значимы, отличаются новизной и оригинальностью, вносят существенный вклад в развитие системы поддержки принятия решений при пожароуправлении.

Все изложенное выше дает основание считать, что диссертация «Система поддержки принятия решений по управлению природными пожарами с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и данных космического мониторинга» Шаталова Павла Сергеевича является научно-квалификационной работой, соответствует специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации и удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 года за № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании расширенного научного семинара кафедры физической и вычислительной механики (протокол № 3 от 18.12.2015 г.).

Отзыв подписали

Декан факультета прикладной математики и кибернетики, заведующий кафедрой исследования операций, д.т.н., профессор

Горцев Александр Михайлович

Старший научный сотрудник лаборатории моделирования и прогноза катастроф, к.ф.-м.н.

Фильков Александр Иванович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; [www.tsu.ru](http://www.tsu.ru), тел.: 8 (3822) 52-95-85, e-mail: [rector@tsu.ru](mailto:rector@tsu.ru)

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ  
Ведущий документооборот  
управления делами  
Н.Г. Михеева

