

Список литературы:

1. Очистка сточных вод автомоек [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://global-aqua.ru/ochistka-stochnykh-vod/ochistka-stochnykh-vod-avtomоек.html> (Дата обращения 26.10.2018).
2. Valderrama C., Gamisans X., Heras F.X., Cortina J.L., Farran A. Kinetics of polycyclic aromatic hydrocarbon removal using hyper-crosslinked polymeric sorbents Macronet Hypersol MN200 // *Reactive and Functional Polymers*. - 2007. - Vol.67 (12). - P.1515-1529.
3. Adebajo M.O., Frost R.L., Klopogge J.T., Carmody O. Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A Review of Synthesis and Absorbing Properties // *Jornal Porous Materials*. - 2003. - Vol.10. - P. 159-170.
4. Очистка сточных вод от нефтепродуктов / А.Н. Блохин, И.А. Башаева // Открытая научная конференция МГТУ «Станкин» и «Учебнонаучного центра математического моделирования МГТУ «Станкин» и ИММ РАН»: Тезисы докладов (27–29 апреля 1999, Москва). – М.: Изд-во МГТУ «Станкин», 1999. – С. 98.
5. Домрачева В.А. Исследование сорбции растворенных и эмульгированных нефтепродуктов в статических условиях / В.А. Домрачева, В.В. Трусова // *Вестник Иркутского Государственного Технического Университета*. – 2011. – №12. – С 191–194.
6. Хараев Г.И. Очистка сточных вод от нефтепродуктов природными цеолитсодержащими туфами / Г.И. Хараев, Г.И. Хантургаева, С.Л. Захаров, В.Г. Ширеторова // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2007. – № 2. – С. 29–32.
7. Обуздина М.В. Природные и модифицированные цеолиты как адсорбенты нефтепродуктов из промышленных сточных вод / М.В. Обуздина // *Вестник Иркутского Государственного Технического Университета*. – 2010. – № 4(44). – С. 104–110.
8. Экологические аспекты применения сорбционных процессов с использованием природных глин / О.В. Архипова, С.Л. Ларионов, С.А. Обухова // *Химия нефти и газа: материалы 4 международной конференции*. Т.2. –Томск, 2000. – С. 411–413.
9. Очистка сточных вод с использованием природных материалов и отходов производства / Е.И. Вялкова, А.А. Большаков // *Актуальные проблемы современного строительства: Сборник научных трудов 32 Всероссийской научно-технической конференции*. Ч.1. Строительные материалы и изделия (25–27 марта 2003, Пенза). – Пенза, 2003. – С. 194–198.
10. ГОСТ 12597-67 1989 Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активных углях и катализаторах на их основе (Москва: Издательство стандартов) 7с.
11. ГОСТ 17219-71 1987 Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде (Москва: Издательство стандартов) 5с.
12. ГОСТ 13144-79 1999 Графит. Методы определения удельной поверхности (Москва: ИПК Издательство стандартов) 7.с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

*Коржова А. Ю. , Перминов В.А. д.ф.м.н., проф.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

*634050 г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56*

*E-mail: [koralsasha96@gmail.com](mailto:koralsasha96@gmail.com)*

**Аннотация:** Статья посвящена проведению математического моделирования воздействия лесных пожаров на населенные пункты для определения безопасных расстояний от лесного массива до зданий. Подход к моделированию основан на использовании стандартных нестационарных двумерных уравнений сохранения, которые решаются численно при входных условиях, характерных для крупных лесных пожаров.

**Abstract:** The article is devoted to the mathematical modeling of the impact of forest fires on human settlements to determine the safe distance from the forest to the buildings. The modeling approach is based on the use of standard non-stationary two-dimensional conservation equations, which are solved numerically under the input conditions typical for large forest fires.

Лесные пожары – это стихийные бедствия, которые, как правило, охватывают огромные территории в несколько сотен, тысяч и даже миллионов гектаров. Истинные размеры реальной пожарной опасности очень велики, мало кто знает, как часто возникают пожары, каковы их социальные,

экономические и экологические последствия. Ежегодно погибает большое количество людей, выгорают леса, уничтожаются жилища, зданий [1].

Верховые пожары являются наиболее угрожающим видом лесных пожаров. На долю верховых пожаров приходится большая часть выгоревшей площади. Для тушения верховых лесных пожаров требуется большое количество материальных ресурсов, а в некоторых случаях тушение невозможно и часто не эффективно. В связи с этим актуальным является изучение данного вида пожаров и его воздействие на окружающие объекты, в частности здания, расположенные вблизи лесных массивов [2].

Математическая модель представляет систему, которая позволяет получать информацию о другой системе. Классификация моделей подразделяется на линейные и нелинейные, статистические и динамические, сосредоточенные и распределенные, дискретные и непрерывные. Численные методы определяют различные параметры пожара, включая скорость, температуру, тепловые потоки, плотность, концентрацию компонентов. Зная свойства горючих материалов, какой сезон и район можно смоделировать развитие лесного пожара. Математическое моделирование производится на персональных компьютерах с помощью различного программного обеспечения.

Формируется фронт горения, который перемещается по пологу леса под действием ветра. На рис.1 представлена схема данного процесса:



Рис. 1. Схема распространения лесного пожара

Считается, что: 1) течение является развитым турбулентным, при этом пренебрегаем молекулярным переносом, так как он не значителен по сравнению с турбулентным, 2) значение плотности газовой фазы не зависит от давления, в связи с тем, что скорость течения мала относительно скорости звука, 3) имеет место локально-термодинамическое равновесие, 4) на заданной высоте над пологом леса задается скорость ветра, 5) учитывается многофазность среды, состоящей из частиц конденсированной и газовой фазы (кислород, газообразные горючие продукты пиролиза

и инертные компоненты (азот, пары воды, газообразные продукты горения и др.) [3].

Проведение экспериментальных исследований для изучения лесных пожаров являются опасными и дорогостоящими. Поэтому интерес представляют теоретические методы исследования. Метод математического моделирования дает возможность описывать наиболее важные характеристики лесного массива, приземного слоя атмосферы и условия распространения лесных пожаров. Таким образом, с помощью математических моделей можно исследовать процесс возникновения и распространения лесных пожаров и их воздействие на населенные пункты [3,4].

Для решения поставленной задачи используем метод контрольного объема. Расчетную область разбиваем на определенное количество непересекающихся контрольных объемов так, чтобы каждая точка узла содержалась только в одном объеме. Вторым этапом является интегрирование дифференциального уравнения по каждому контрольному объему. Полученный в результате интегрирования дискретный аналог выражает закон сохранения для параметра состояния  $\Phi$  в каждом конечном контрольном объеме [5].

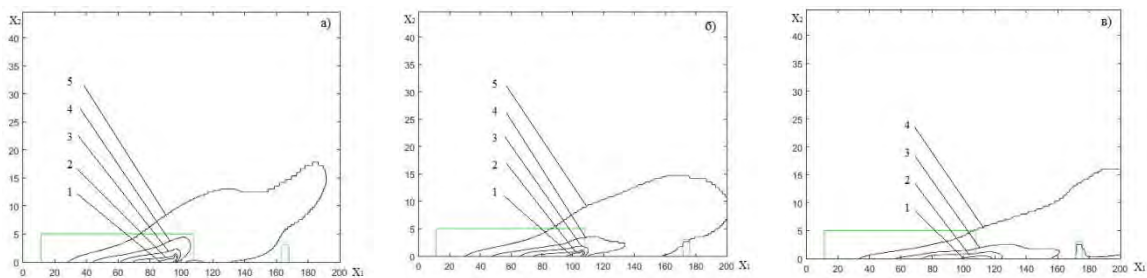


Рис. 2. Распределения изолиний воздействия очага пожара на деревянную постройку на расстоянии 63 м: а) при скорости ветра 10 м/с б) при скорости ветра 12 м/с в) при скорости ветра 15 м/с

В данной работе в результате математического моделирования были получены расстояния, на котором следует располагать деревянные постройки в зависимости от скорости ветра, чтобы не произошло возгорание. В результате численного интегрирования получены поля температур для разных скоростей и при различных расстояниях постройки от лесного массива. Для визуализации полученных результатов и построения графиков используем программу MATLAB. На рис. 3 приведены распределения изолиний воздействия очага пожара на деревянную постройку. Числами 1 – 4; 2 – 3; 3 – 2; 4 – 1,5; 5 – 1,2 обозначены значения изотерм безразмерной температуры, которая определяется следующим образом:  $T = T/T_e, T_e = 300K$ .

На рис. 3 показано возможное загорание здания в зависимости от скорости ветра. При увеличении скорости ветра увеличиваются размеры зоны загорания.

С помощью представленной модели определены безопасные расстояния от правого края лесного массива до деревянной постройки при различных скоростях ветра. Результаты расчётов могут быть использованы для оценки теплового воздействия на здания, находящиеся в лесном массиве при лесных пожарах.

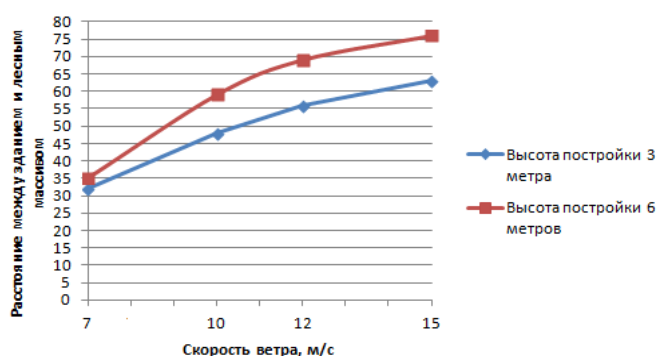


Рис. 3. Зависимость расстояний, при которых произойдет возгорание, при различных скоростях ветра при высоте строения в 3 и 6 метров

#### Список литературы:

1. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары в Российской Федерации (состояние и последствия) / Технологии гражданской безопасности. – 2006. – №630(9). – С. 12-21.
2. Гришин А.М., Зятин В.И., Перминов В.А. Экспериментальное исследование перехода низового лесного пожара в верховой // ВИНТИ – 1991. – № 982-91 – С.22.
3. Перминов В. А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров / Вестник Томского Государственного Университета – 2010. – 283 с.
4. Фрянова К.О., Перминов В.А. Воздействие лесных пожаров на здания и сооружения / Инженерно-технический журнал №7 – 2017. – С.15–22.
5. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости // Энергоатомиздат, – 1984. – С.46– 89.

#### БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СУШКОЙ ДРЕВЕСИНЫ

С.Н. Костарев<sup>1</sup>, д.т.н., проф., Т.Г. Серeda<sup>2,3</sup>, д.т.н., проф.

<sup>1</sup>Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации  
614030, г. Пермь, Гремячий лог, 1, тел. +7 (342) 2703939,

<sup>2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова  
614099, г. Пермь, Петропавловская, 23, тел. +7 (342) 212-53-94

<sup>3</sup>Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте  
Российской Федерации. Пермский филиал  
614099, г. Пермь, бул. Гагарина, 10,  
E-mail: [iums@dom.raid.ru](mailto:iums@dom.raid.ru)

**Аннотация:** Рассмотрены параметры безопасной сушки древесины, позволяющей на разных стадиях менять параметры воздуха, осуществляющего сушку: влажность воздуха, температура, ско-