

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016» атты
XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»

PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»

2016 жыл 14 сәуір
Астана

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2016»
атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2016»**

**PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір

Астана

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

Ғ 96

Ғ96 «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: [http://www.enu.kz/ru/nauka/ nauka-i-obrazovanie/](http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/), 2016. – б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-764-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

ISBN 978-9965-31-764-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2016

2. Нургабыл Д.Н., Уайсов А.Б. О граничных скачках линейных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных // Вестник ЖГУ им. И. Жансугурова. - 2012. - №4. - С.17-21.

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Алпыспаева Айдана Саматовна

ask_aidana@mail.ru

Магистрант 2-го курса специальности математическое и компьютерное моделирование,
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – К.Аканова

Структура леса и основные понятия и характеристики лесных пожаров

При изучении такого сложного природного явления, как лесной пожар целесообразно рассматривать лес как многоярусную систему [1, 2, 3], состоящую из органического вещества – лесных горючих материалов (ЛГМ) с близкими геометрическими и физико-химическими параметрами (истинная плотность, влагосодержание, теплотворная способность и т.д.) в каждом выделенном ярусе леса. Например, можно рассматривать трехъярусную структуру леса:

- первый ярус – сухая трава и мелкий кустарник высотой до 2 м;
- второй ярус – подрост (деревья высотой до 6 м);
- третий (верхний) ярус – кроны деревьев высотой до 22 м (в зависимости от типа древостоя).

Снизу под первым ярусом леса находится напочвенный слой, состоящий из мхов, опавших хвоинок, сучьев и листьев высотой до 15 см. Над верхним ярусом – приземной слой атмосферы.

В соответствии с такой вертикальной структурой леса можно рассматривать верховые и низовые пожары, распространяющиеся соответственно в верхнем или в нижних ярусах леса, а также сложные пожары, распространяющиеся одновременно в верхнем и в нижних ярусах леса. Напочвенные и торфяные пожары рассматриваться не будут.

Лесные горючие материалы содержат углерод, большое количество различных углеводородных соединений, воду, золу и т.д. При нагревании ЛГМ до температуры выше примерно 370 К еще до воспламенения (температура воспламенения ЛГМ, согласно [1], составляет примерно 500 К) происходит пиролиз – термическое разложение ЛГМ с выделением горючих газов (окись углерода CO, метан CH₄, водород H₂ и др.), негорючих газов (двуокись углерода CO₂, пары воды H₂O и др.), дисперсных частиц сажи и с образованием твердого остатка – коксика и золы. Продукты пиролиза ЛГМ – коксик и мелкодисперсная сажа практически полностью состоят из углерода и сгорают без твердого остатка.

Механизм распространения лесного пожара в общих чертах таков (рис. 1): во фронте пожара происходит горение летучих (газы и дисперсная сажа) и конденсированных (коксик) продуктов пиролиза ЛГМ. В результате переноса тепла (конвективного, диффузионного и излучением) происходит нагрев находящейся перед фронтом органической массы, затем сушка, пиролиз и зажигание продуктов пиролиза, и далее процесс повторяется.

Исходя из вышесказанного можно дать следующее определение лесного пожара [4]. Лесным пожаром называется явление неуправляемого многостадийного горения в открытом пространстве на покрытой лесом площади, в рамках которого имеют место

взаимосвязанные процессы конвективного и радиационного переноса энергии, нагрева, сушки и пиролиза ЛГМ, а также горение газообразных и конденсированных продуктов пиролиза ЛГМ.

Зона пожара, расположенная между сгоревшими и несгоревшими ЛГМ, называется фронтом пожара. Фронт пожара имеет переднюю и заднюю кромки. Во фронте пожара происходит наиболее сильное изменение параметров среды, а за задней кромкой фронта могут проходить процессы тления (беспламенного горения) твердых остатков пиролиза ЛГМ.

Фазовый и химический состав среды

В модели лес рассматривается как одноярусная двухфазная среда, состоящая из воздуха и летучих продуктов пиролиза и горения (газовоздушная или газовая фаза), а также из лесных горючих материалов и твердых продуктов пиролиза ЛГМ (твердая фаза). При построении физико-математической модели двухфазной гетерогенной смеси на основе методов механики сплошной среды [5] такая смесь представляется как двухкомпонентный континуум с взаимопроникающим движением фаз и с межфазным обменом массой, импульсом и энергией. Газовая фаза состоит из шести компонент: горючего газа СО (массовая концентрация C_1), окислителя O_2 (C_2), углекислого газа CO_2 (C_3), паров воды H_2O (C_4), азота N_2 (C_5) и мелкодисперсной сажи (C_s). При этом предполагаем, что частицы мелкодисперсной сажи движутся вместе с газовой фазой, при сгорании сажи процесс теплообмена проходит быстро, и можно рассматривать единую температуру газовой фазы. Твердая фаза также является многокомпонентной и состоит из ЛГМ (объемная доля φ_1) и продуктов пиролиза ЛГМ – коксика (φ_2) и золы (φ_3).

Необходимость учета в модели мелкодисперсной сажи основана на экспериментальных данных, приведенных в [2] для низового пожара. По этим данным более 90 % всех частиц составляют частицы размером 0.2–1.6 микрон. Температура сгорания коксовых частиц существенно зависит от их размера. Для частиц размером 0.2–1.6 микрон, сгорающих в газовой фазе, имеющей температуру $T_r = 1400K$, температура сгорания составляет 1900–2300K при концентрации кислорода 21% и 1400–1700 K при концентрации кислорода 10% [6]. Из приведенных данных видно, что сгорание частиц сажи может дать значительное увеличение температуры во фронте пожара. Кроме того, дисперсная сажа является наиболее важным излучающим продуктом во фронте пожара. Она излучает в непрерывном спектре в видимой и инфракрасной областях, и это приводит к двух-трехкратному увеличению излучения относительно газообразных продуктов сгорания. В нашей модели будем рассматривать дисперсную сажу, состоящую из частиц одного размера (монодисперсная смесь), движущихся вместе с газовой фазой (односкоростная модель), что, вообще говоря, справедливо только для частиц малых размеров, однако недостаток экспериментальных данных по распределению дисперсных частиц по размерам для реальных лесных пожаров делает это предположение оправданным. В рассматриваемой модели также выполнены следующие предположения [5]:

- сажа монодисперсная состоит из твердых (несжимаемых) сферических частиц (углерода) одинакового радиуса r , причем относительная массовая концентрация дисперсной сажи в газовой фазе мала: $C_s \ll 1$;
- эффекты хаотического движения, вращения и деформации дисперсных частиц несущественны и ими можно пренебречь;
- отсутствуют процессы слипания, дробления частиц и столкновения между частицами, а также процессы столкновения и слипания частиц с твердой фазой;
- частицы дисперсной сажи полностью сгорают в газовой фазе, а продукты сгорания определяются по первичной реакции $C + O_2 = CO_2$.

Исходная система уравнений

Исходная трехмерная система уравнений состоит из двух подсистем: подсистемы осредненных по Фавру уравнений газовой динамики в эйлеровых переменных,

описывающих течение многокомпонентной газовой фазы, и подсистемы эволюционных уравнений, описывающих изменение объемных долей компонентов твердой фазы и изменение температуры твердой фазы:

– газовая фаза

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho V) = Q, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho v_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho v_i V) + \frac{\partial \phi p}{\partial x_i} = (\operatorname{div} \tau)_i + p \frac{\partial \phi}{\partial x_i} + F_i + F_i^0 - \rho g_i, \quad i = \overline{1,3}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} \operatorname{div}(\rho E V + \phi p V) = \operatorname{div}(k_{eff} \nabla T) - \operatorname{div} W - p \frac{\partial \phi}{\partial t} + \alpha(T_1 - T) + \sigma(ae_1 T_1^4 - ae T^4) + Q_T, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho C_j}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho C_j V) = \operatorname{div}(\rho D_{eff} \nabla C_j) + R_{C_j}, \quad j = \overline{1,5}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho C_s}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho C_s V) = R_{C_s} - b g \rho C_s, \quad (5)$$

$$P = \hat{\rho} R T \sum_{j=1}^5 \frac{C_j}{M_j}; \quad (6)$$

– твердая фаза

$$\rho_l \frac{\partial \phi_l}{\partial t} = R_{\phi_l}, \quad l = \overline{1,3}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \sum_{l=1}^3 \rho_l \phi_l c_{pl} T_1 = p \frac{\partial \phi}{\partial t} - \alpha(T_1 - T) - \sigma(ae_1 T_1^4 - ae T^4) + Q_{T_1}; \quad (8)$$

-нормировочные и балансовые соотношения

$$\phi + \sum_{l=1}^3 \phi_l = 1, \quad \sum_{j=1}^5 C_j + C_s = 1, \quad \sum_{j=1}^5 R_{C_j} + R_{C_s} = Q, \quad \sum_{l=1}^3 R_{\phi_l} = -Q, \quad (9)$$

где ρ – парциальная плотность газовой фазы; p – общее давление многофазной среды; $V=(v_1, v_2, v_3)$ – скорость газовой фазы; T – температура газовой фазы; E – полная энергия газовой фазы; ϕ – объемная доля газовой фазы; $\hat{\rho}=\rho/\phi$ – истинная плотность газовой фазы; M_j – молекулярная масса j -ой компоненты газовой фазы; $F=-\rho c_d s V|V|$ – объемная сила, связанная с обменом импульсами между фазами (сила межфазного трения); c_d – эмпирический коэффициент сопротивления растительности; s – удельная поверхность ЛГМ; ξ_0 – безразмерный эмпирический коэффициент трения вещества облака и атмосферного воздуха на верхней границе облака; Q – скорость поступления вещества в газовую среду за счет химических процессов в твердой фазе; Q_T – тепловыделение в газовой фазе за счет реакция горения; W – поток энергии излучения; R_{C_j} – скорость изменения ρC_j в результате химических реакций; R_{C_s} – скорость изменения ρC_s – за счет химических реакций; b – постоянная подвижности частиц [7], которая для сферических частиц радиуса r равна $b = 1/(6 \pi \mu r)$; ρ_l – истинные плотности компонентов твердой фазы; c_{pl} – теплоемкости компонентов твердой фазы; R_{ϕ_l} – скорость изменения объемной доли ϕ_l в результате химических реакций; T_1 – температура твердой фазы; Q_{T_1} – тепловыделение в твердой фазе за счет процесса горения; $\alpha(T_1 - T)$ – межфазный теплообмен; α – коэффициент теплообмена; $\sigma(ae_1 T_1^4 - ae T^4)$ – межфазный обмен лучистой энергией; ae – коэффициент поглощения излучения в газовой фазе с учетом дисперсной сажи; ae_1 – коэффициент поглощения излучения в твердой фазе; σ – постоянная Стефана-Больцмана.

Список использованных источников

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1992. – 408 с.
2. Van Wagner C. E. // Can. J. Forest Re. - 1977. Vol.7. -P.23–34.
3. Albin F.A. // Int. J. Wildland Fire. - 1995. Vol.5. N2. -P. 81–91.
4. Alexander V.E. Crown fire thresholds in exotic pine plantations of Australasia. Ph.D. Thesis. Department of Forestry; Australian National University, - 1998.
5. Cruz M.G. // Proc. Of IV Internat. Conf. on Forest Fire Research. Luso-Coimbra. Portugal, -2002.
6. Rothermel R.C. // Proc. of the 11th Int. Conf. on Fire and Forest Meteorology. Missoula,USA, - 1991.
7. Scott J.H. // USDA Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins: RMRS-RP-29.Colorado,USA, -2001.

УДК 517.518

ЭЛЕКТР ТОМОГРАФИЯНЫҢ ТУРА ЕСЕБІН САНДЫҚ МОДЕЛДЕУ

Әжіхан Айдана Қадірбекқызы

aidana.azhikhan@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ механика-математика факультетінің математикалық және компьютерлік модельдеу мамандығы бойынша 4-курс студенті, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Муканова Б.Г.

Электрлік томография әдісінде қоректендіруші ток зеріттелетін ортада электр өрісін тудырады. Бұл электр крісінің кеңістіктік және амплитудалық сипаттамалары келесі факторларға тәуелді:

- 1) қондырғылардың қуаттандырушы электродтардың өзара орналасу геометриясына;
- 2) меншікті электрлік кедергінің кеңістікте таралуына ($\rho(x, y, z)$);
- 3) жер бетінің бедеріне.

Жер бетінің бедерлі болмауы $E_x(x, y, r)$, $E_y(x, y, r)$ электр өрісі компоненттерін жер бетінде физикалық өлшеу нәтижесі бойынша ортаның меншікті электр кедергісінің $\rho(x, y, z)$ таралуын табу мәселесін қатты қиындатады.

Зерттеудің мақсаты жер беті бедерлі емес болған ортада жер қабатын барлау есептерін шешу мақсатында тік электрлік зондауды интерпретациялаудың әдістерін дамыту үшін бағдарламалық қамсыздандыруды құрастыру болып табылады.

Далалық мәндер мына формула бойынша меншікті электрлік кедергіге түрлендіріледі:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{MN}}{I_A},$$

мұндағы, ΔU_{MN} - М және N қабылдағыш электродтар арасындағы потенциалдар айырымы, I_A - қуаттандырығыш ток, K – қондырғының геометриялық коэффициенті.

Жер беті бедерлі болмаған жағдайдағы электр кедергісінің өзгерісін анықтап көрейік.

Координаттардың декарттық жүйесінде жер бедерін ескере отырып, жер бедерінің функциясы $z = (1 - \cos(2\pi(x - 0.3))) \cdot 0.1$, $(0.3 \leq x \leq 1.3)$ болғандағы есептуді жүргіземіз (1-сурет).

Іс жүзінде жер бетінің бедерін тәжірибелер жүргізу арқылы анықтаймыз.