

УДК 519.254:330.46:614.842

РЕТРОПРОГНОЗ ВНЕДРЕНИЯ НАУКОЕМКИХ ИННОВАЦИЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ САМООРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИБИРИ

¹Белозеров В.В., ²Никулин М.А.

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: safeting@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень,
e-mail: pojar_2003@mail.ru

Статья посвящена проблемам внедрения наукоемких технологий противопожарной защиты городов и населенных пунктов Сибири, а также прилегающих к ним сельхозугодий и лесных массивов. В статье описываются последние инновации обнаружения пожаров в жилом секторе, в т.ч. пожарно-энергетического вреда, а также в применении дирижаблей для мониторинга сельхозугодий и лесных массивов, для обнаружения и тушения пожаров, с применением нанотехнологий газоразделения воздуха и выделения атмосферного азота в качестве огнетушащего средства, защищенные патентами РФ. Предлагаемые инновации исключают основные недостатки современной пожарной сигнализации (ложные срабатывания и позднее обнаружение) и противопожарных летательных аппаратов (необходимость пополнения запасов воды в качестве огнетушащего средства). Главными преимуществами применения дирижаблей являются, во-первых, кардинальное снижение затрат на патрулирование и тушение пожаров, а во-вторых, они позволяют без парашюта высадить пожарных с противопожарной техникой, в том числе для подавления торфяных пожаров сепарированным азотом с помощью газоторфяных стволов-термозондов, включая инновационное решение по электрозщитным полосам. Представлены результаты высокой социально-экономической эффективности применения предлагаемых отечественных инноваций, для обеспечения пожарной безопасности регионов Сибири.

Keywords: электро-газо-счетчик-извещатель-подавитель, пожарно-энергетический вред, самоорганизация, дирижабли, нанотехнологии газоразделения, интеграция технологий безопасности и агротехнологий, агропожарные дирижабли, электрозщитные полосы

RETRO FORECAST OF THE IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC INNOVATIONS OF FIRE PROTECTION FOR SELF-ORGANIZATION OF SAFE LIFE IN SIBERIA

¹Belozerov V.V., ²Nikulin M.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: safeting@mail.ru;

²State Agar University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, e-mail: pojar_2003@mail.ru

The article is devoted to the problems of introducing science-intensive technologies for fire protection of cities and towns in Siberia, as well as adjacent farmlands and forests. The article describes the latest innovations in fire detection in the residential sector, incl. fire-energy harm, as well as in the use of airships for monitoring agricultural lands and forests, for detecting and extinguishing fires, using nanotechnology for gas separation of air and the release of atmospheric nitrogen as a fire extinguishing agent, protected by patents of the Russian Federation. The proposed innovations eliminate the main disadvantages of modern fire alarms (false alarms and late detection) and firefighting aircraft (the need to replenish water supplies as a fire extinguishing agent). The main advantages of using airships are, firstly, a drastic reduction in the cost of patrolling and extinguishing fires, and secondly, they make it possible to land firefighters with firefighting equipment without a parachute, including those for suppressing peat fires with help separation nitrogen using gas-peat stems-thermo-probes, including innovative solution for electrical protection strips. The results of high socio-economic efficiency of the application of the proposed domestic innovations to ensure the fire safety of Siberian regions are presented.

Keywords: electro-gas-meter-detector-suppressor, fire-energy harm, self-organization, airships, gas separation nanotechnologies, integration of security technologies and agricultural technologies, agricultural fire-airships, electro-protective lanes

Несмотря на подавляющее количество публикаций, которые во главу угла обеспечения жизнедеятельности общества ставят повышение производительности труда в промышленности и сельском хозяйстве [1; 2], в частности увеличение сбора продуктов растениеводства и садоводства, а также рост поголовья скота и птицы [3], авторы считают сложнейшими задачами:

во-первых, обеспечение пожарной безопасности жизнедеятельности населения, в жилом секторе [4],

во-вторых, сохранение урожаев от пожаров сельхозугодий, лесов и торфяников [5; 6].

Оптимизация и определение условий самоорганизации технологий функционирования инженерных систем зданий жилого сектора и их противопожарной защиты, а также агропромышленных технологий и технологий противопожарной защиты сельхозугодий и лесных массивов.

Если интеграция технологий функционирования инженерных систем зданий жи-

лого сектора, и их противопожарной защиты исследована и описана достаточно подробно [7-9], в том числе защищена патентами РФ [10; 11], то публикаций, посвященных комплексированию методов и средств агропромышленных технологий с методологией обеспечения пожарной безопасности сельскохозяйственных – единицы [12; 13].

В настоящее время и для растениеводства, и для садоводства, и для контроля состояния почв, и для обнаружения пожаров торфяников и лесных массивов *разрабатываются и применяются различные системы мониторинга*, в том числе средствами малой авиации и дельтапланами [14; 15], беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и спутниками [16; 17], *но, по мнению авторов, это делается бессистемно* [18; 19].

Именно поэтому предлагается осуществить пространственно-временной анализ пожаров в Сибири [20], по результатам которого выполнить моделирование «виртуального внедрения» предлагаемых инноваций [21], после чего с помощью метода ретропрогноза [22], доказавшего свою эффективность на Юге России [4; 7; 23], осуществить социально-экономическую оценку взаимодействия органов власти субъектов и региональных подразделений МЧС России, Росагропрома и Рослесхоза, для нахождения и включения процессов «межведомственной самоорганизации» в обеспечение уровня безопасной жизнедеятельности в каждом регионе не ниже 0,999999 по ГОСТ 12.1.004 [4; 22; 24].

Материалы и методы исследования

Первоначально метод пространственно-временного анализа был отработан

на массивах автоматизированной системы обработки данных о пожарах (АСОД «ПОЖАРЫ»), которая была разработана во ВНИИ противопожарной обороны МВД СССР в прошлом веке [25].

В 1995 году АСОД «ПОЖАРЫ» была поставлена на вооружение в региональных Управлениях пожарной охраны МВД РФ [26], после чего в 2002 году в Ростовском государственном строительном университете (РГСУ) был разработан и введен в учебный процесс подготовки специалистов пожарной безопасности программный комплекс с её использованием [27; 28]. В дальнейшем АСОД «ПОЖАРЫ» была доработана в МЧС России и применяется до сих пор в качестве государственной системы учета причин и последствий пожаров в России [29].

Разработанный в РГСУ комплекс программ позволял осуществлять коррелированную выборку данных в виде гистограмм (рис. 1), обработка которых на компьютере методом выравнивания средних показала, что все огибающие имеют экстремумы и с достаточной точностью описываются трансцендентными функциями вида [27; 28]:

$$y = a \cdot t^b \cdot \exp(-c t), \tag{1}$$

где b/c – максимум функции, $(b+\sqrt{b})/c$ – «правая» точка перегиба, $(b-\sqrt{b})/c$ – «левая» точка перегиба, которые при интегрировании давали гамма-распределения (распределения Эрланга 2-го порядка) пожаров (рис. 1), ущерба, гибели, площадей и т.д. по временам выполнения оперативно-тактических задач (ОТЗ).

В 2010 году было разработано новое уравнение оперативно-тактической деятельности (ОТД) [20; 27]:

$$t_{OTD} = \sum_{i=1}^5 \frac{t_i}{P_i} + 2 \cdot \frac{t_m \cdot P_{cd}}{P_m (1 - P_{ДПП})} + \sum_{j,k=1}^5 \frac{t_j}{P_j \cdot P_k} + \sum_{\ell=1}^2 \frac{t_\ell}{1 - P_\ell} \tag{2}$$

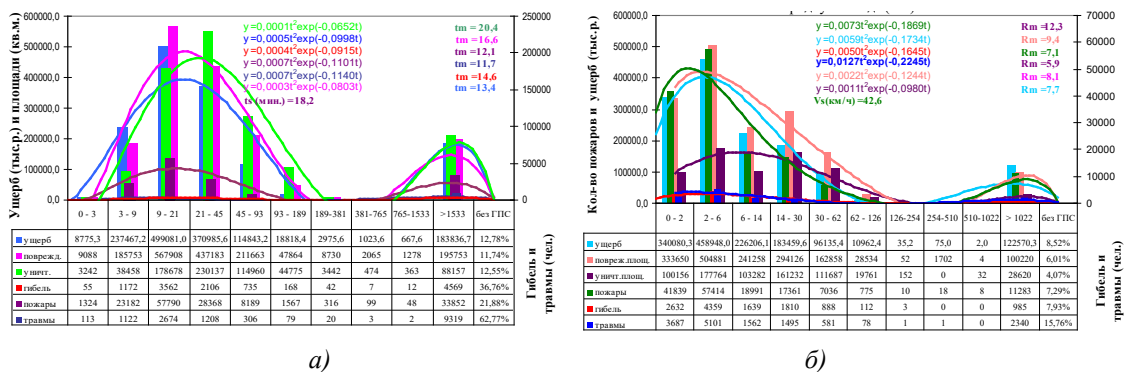


Рис. 1. Гистограммы и огибающие функции плотности вероятностей: а) времён свободного горения (мин.); б) радиусов выезда (км)

времена, коэффициенты качества и вероятности в котором описывались уже распределениями Эрланга разного порядка, в соответствии со свойством аддитивности [28]:

$$y = \frac{\left(\frac{t}{c}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c}\right)}{c \cdot [(b-1)!]}$$

$$\text{и } y = \frac{\left(\frac{R}{c}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{R}{c}\right)}{c \cdot [(b-1)!]} \quad (3)$$

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{t}{c}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t/c)^i}{i!}\right]$$

$$\text{и } P = 1 - \exp\left(-\frac{R}{c}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(R/c)^i}{i!}\right] \quad (4)$$

- нулевого порядка для времён

$$t_i \rightarrow t_{рд}, t_{сб}, t_{сл}, t_p, t_{бр} \text{ и } t_{лик}: b=1, c=t_i,$$

$$P = 1 - \exp(-t/t_i); \quad (5)$$

- первого порядка для времени идентификации (обнаружения и решения диспетчером задачи

$$(t_{ид} = T_c + t_{рд}): b = 2, c = t_{ид},$$

$$P = 1 - \exp(-t/t_{ид}) \cdot (1 + t/t_{ид}); \quad (6)$$

- первого порядка для времени прибытия

$$(t_{пр} = t_{сб} + t_{сл}): b = 2, c = t_{пр},$$

$$P = 1 - \exp(-t/t_{пр}) \cdot (1 + t/t_{пр}); \quad (7)$$

- второго порядка для времени локализации

$$(t_{л} = T_{л} - t_p - t_{бр}): b = 3, c = t_{л},$$

$$P = 1 - \exp(-t/t_{л}) \cdot (1 + t/t_{л} + t^2/2t_{л}^2); \quad (8)$$

- третьего порядка для времени тушения

$$(t_{туш} = t_p + t_{бр} + t_{л} + t_{лик}): b = 4, c = t_{туш},$$

$$P = 1 - \exp(-t/t_{туш}) \cdot [1 + t/t_{туш} + t^2/2t_{туш}^2 + t^3/6t_{туш}^3]; \quad (9)$$

- четвертого порядка для времени свободного развития ($t_{свр} = t_{ид} + t_{сл} + t_p + t_{бр}$), учитывая, что время обнаружения пожара и решения диспетчером задачи ($t_{ид}$) совмещается с временем сбора боевого расчета ($t_{сб}$) по тревоге: $b = 5, c = t_{свр}$,

$$P = 1 - \exp(-t/t_{свр}) \cdot$$

$$\cdot (1 + t/t_{свр} + t^2/2t_{свр}^2 + t^3/6t_{свр}^3 + t^4/24t_{свр}^4) \quad (10)$$

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности начальной стадии пожаров определялись по формулам [27]:

$$\sum_{i=1}^5 t_i k_i = \frac{t_{об}}{P_{об}} + \frac{t_{ср}}{P_{ср}} + \frac{t_{сб}}{P_{сб}} + \frac{t_{рд}}{P_{рд}} + \frac{t_{сб}}{P_{сб}} \quad (11)$$

В качестве времён, коэффициентов качества и соответствующих вероятностей обнаружения пожаров и начального этапа привлечения сил и средств на тушение пожаров были использованы результаты статистического анализа надёжности автоматической пожарной сигнализации (АПС) и решения ОТЗ задач, из которых следовало [4; 30; 31]:

$P_{об}$ – определялась, как вероятность безотказной работы «усредненного» пожарного извещателя, которая равна 0,99176;

$P_{ср}$ – определялась, как произведение вероятностей достоверного срабатывания (отсутствие ложного срабатывания) «усредненного» пожарного извещателя, его безотказной работы, а также схемы верификации (отсеивание ложного срабатывания) и безотказной работы «усредненного» приемно-контрольного прибора, которое равно 0,89688;

$P_{сб}$ – определялась, как вероятность безотказной работы «усредненного» приемно-контрольного прибора, которая равна 0,96175;

$t_{об}$ – определялась, как время срабатывания «усредненного» пожарного извещателя, которое равно 2,8 мин.;

$t_{ср}$ – определялась, как время работы схемы верификации «усредненного» приемно-контрольного прибора, которое равно 0,2 мин.;

$t_{сб}$ – определялась, как время передачи сигнала тревоги в пожарную часть (ПЧ) «усредненным» приемно-контрольным прибором, которое равно 0,1 мин.;

$t_{рд}$ – время решения диспетчером задачи высылки боевых расчетов (длительность процесса идентификации объекта пожара, определения высланных сил и средств по расписанию выездов, формирования и передачи приказа на выезд в ПЧ);

$t_{сб}$ – время сбора боевого расчёта по тревоге (длительность процесса сбора боевых расчетов и выезда пожарных автомобилей), которое не должно превышать 45 секунд.

Результаты исследования и их обсуждение

Преобразуя уравнение (5) и подставляя указанные выше результаты, имеем [27]:

$$\sum_{i=1}^5 t_i k_i = \frac{P_{cp} P_{cc} t_{o\delta} + P_{o\delta} P_{cc} t_{cp} + P_{o\delta} P_{cp} t_{cc}}{P_{o\delta} P_{cp} P_{cc}} + \frac{t_{p\delta}}{P_{p\delta}} + \frac{t_{c\delta}}{P_{c\delta}} = t_{АПС} + (t_{p\delta} + t_{c\delta}) \quad (12)$$

Учитывая граничные условия, которые определялись из достижений по пожарно-прикладному спорту, где $(t_{p\delta} + t_{c\delta}) = 1,033$ мин. и $P_{p\delta} = P_{c\delta} = 1$, было получено [32]

$$t_{АПС} + (t_{p\delta} + t_{c\delta}) = 3,1686 + 1,0333 = 4,2 \quad (13)$$

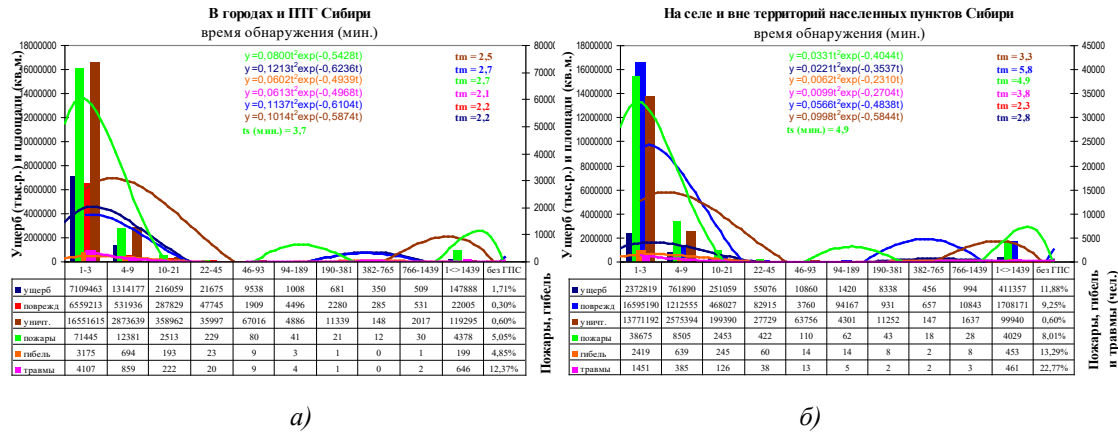


Рис. 2. Функции плотности вероятностей: а) времён обнаружения и сообщения в городах (мин.); б) времён обнаружения и сообщения в сельских районах (мин.)

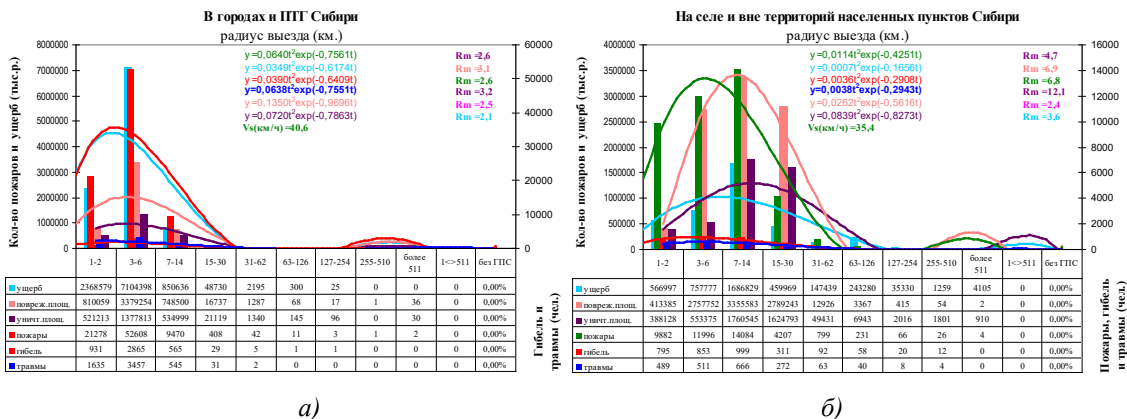


Рис. 3. Функции плотности вероятностей: а) радиусов выезда в городах и ПТГ (км); б) радиусов выезда в сельских районах (км)

Через отношения времён сообщения T_c к временам срабатывания АПС были определены текущие коэффициенты качества и вероятности сообщения о пожаре в каждом городе, ПТГ и в сельском районе (рис. 2) каждого региона Центральной Сибири [20; 27], но в настоящей статье воспользуемся усредненными результатами:

$$k_c = T_c / t_{АПС} = 4,409 / 3,1687 = 1,3914$$

$$\text{и } P_c = t_{АПС} / T_c = 0,7187. \quad (14)$$

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности прибытия к месту пожара определялись из «половины» вто-

рого выражения нового уравнения ОТД (2) [4; 20; 27]:

$$t_{cl} k_m k_{c\delta} = \frac{t_{cl} \cdot P_{c\delta}}{P_m (1 - P_{ДПП})} \quad (15)$$

$P_{c\delta}$ – вероятность достижения конструктивно возможной скорости движения пожарным автомобилем (ПА), вычисляется очевидным соотношением средней скорости движения пожарного автомобиля (ПА) по дорогам к его паспортной/рекомендуемой скорости (рис. 3), т.е. в городах и ПТГ – $40,6/70,0 = 0,581$, в сельской местности – $35,4/70,0 = 0,506$, а среднее значение по Центральной Сибири – $0,5435$.

Для расчета вероятности ДТП с боевым расчетом использовался параметр $\lambda_{\text{ДТП}} = 1,63 \cdot 10^{-6}$ ДТП/км при среднем радиусе выезда [33]:

$$\text{в городах и ПГТ} - P_{\text{ДТП}_g} = 1 - \exp(-1,63 \cdot 10^{-6} \text{ ДТП/км} \cdot 7,9 \text{ км}) = 0,0000538 \quad (16)$$

$$\text{в сельской местности} - P_{\text{ДТП}_c} = 1 - \exp(-1,63 \cdot 10^{-6} \text{ ДТП/км} \cdot 14,7 \text{ км}) = 0,0000111 \quad (17)$$

$$\text{среднее по Центральной Сибири} - 0,00003245 \quad (18)$$

В связи с законодательным изменением нормативов расположения пожарных депо и выезда боевых расчетов на пожар (10 мин. для городов и 20 мин. для сельских районов – ст. 76 123-ФЗ) коэффициент качества маршрута и вероятность проезда ПА по кратчайшему пути к месту пожара рассчитывались как соответствующие отношения нормативов к временам прибытия (рис. 4) [4; 34]:

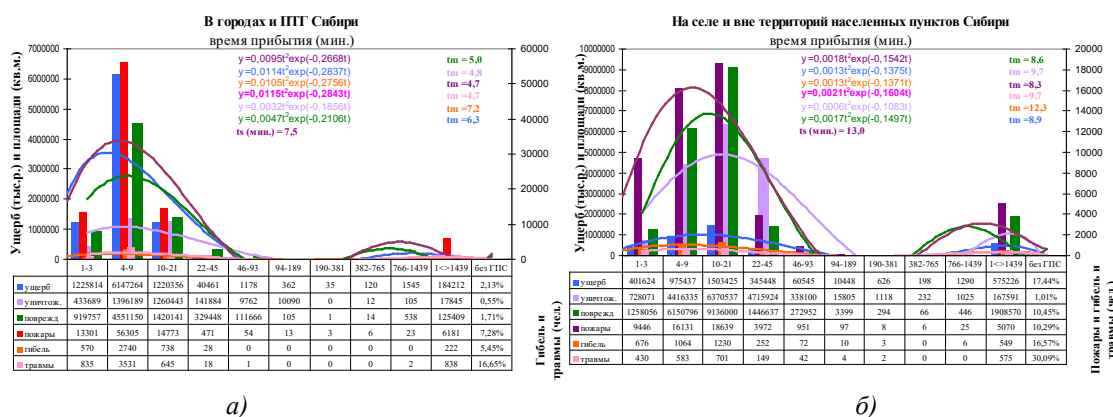


Рис. 4. Функции плотности вероятностей: а) времён прибытия в ПГТ и городах (мин.); б) времён прибытия в сельских районах (мин.)

$$k_m = T_H / T_{\text{ПР}} \rightarrow \text{в городах и ПГТ: } 10/7,5 = 1,3333 \text{ и } P_{M_c} = 1/1,3333 = 0,750 \quad (19)$$

$$k_m = T_H / T_{\text{ПР}} \rightarrow \text{в сельской местности: } 20/13,0 = 1,5385 \text{ и } P_{M_c} = 1/1,5385 = 0,650, \quad (20)$$

средние значения – 1,4359 и 0,6964, а произведение в формуле (15) $k_m k_{co}$ – 1,1207.

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности ликвидации пожаров определялись по формулам [27]:

$$\sum k_j t_j = k_p t_p + k_{op} t_{op} + k_l t_l + k_{лик} t_{лик} = \frac{t_p}{P_C \cdot P_q} + \frac{t_{op}}{P_C \cdot P_q} + \frac{t_l}{P_C \cdot P_{II}} + \frac{t_{лик}}{P_C \cdot P_{II}} \quad (21)$$

где t_p – время разведки (длительность процесса обнаружения очага пожара и пострадавших); t_{op} – время боевого развертывания (длительность процесса спасения пострадавших, организации боевых участков, развертывания пожарно-технического вооружения, постановки на водоисточники и т.д.); t_l – время локализации пожара (длительность процесса ограничения распространения огня огнетушащими составами, включая защиту окружающих помещений и объектов); $t_{лик}$ – время ликвидации пожара (длительность процесса подавления горения и обработки места пожара на предмет недопущения повторного воспламенения).

Через P_C обозначена вероятность соответствия сил и средств рангу пожара, т.е.

при выполнении ОТЗ без привлечения дополнительных сил и средств, что определяется отношением числа таких пожаров к их общему количеству, за исключением тех, на которые пожарная охрана не выезжала, что совпало с данными регионов Юга России [4]:

$$P_C = 1 - 0,155 = 0,845 \quad (22)$$

Через P_q обозначена вероятность выезда боевых расчетов с численностью личного состава, достаточной для выполнения ОТЗ, которая характеризуется кодом выборки, фиксирующим, что пожар потушен без привлечения дополнительных сил (штаба, газодымозащитной службы, «сбора по тревоге офицерского состава» и т.д.) [26; 27]. Отношение числа таких пожаров к их обще-

му числу и определяет искомую вероятность, которую для Сибири возьмем по аналогии с Югом России [4]:

$$P_q = 0,6294 \tag{23}$$

Для получения интегрального коэффициента качества и вероятностей локализации и ликвидации пожаров разгруппируем уравнение (21) на два:

$$k_{л} T_{л} = \frac{t_p}{P_C \cdot P_q} + \frac{t_{бр}}{P_C \cdot P_q} + \frac{t_{л}}{P_C \cdot P_{И}} \text{ и } k_{лик} t_{лик} = \frac{t_{лик}}{P_C \cdot P_{И}} \tag{24}$$

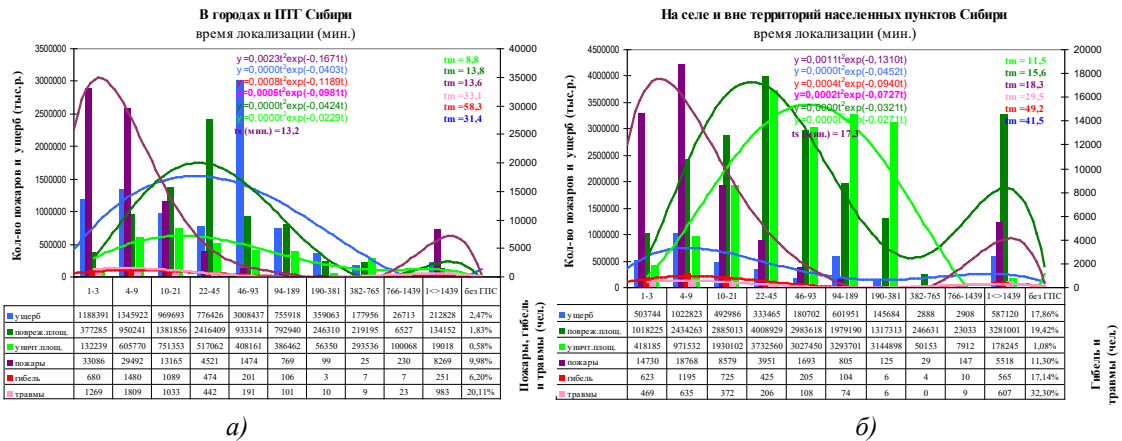


Рис. 5. Функции плотности вероятностей:
 а) времён локализации пожаров в ППГ и городах (мин.);
 б) времён локализации пожаров в сельских районах (мин.)

Коэффициенты качества ($k_{л}$) локализации пожара определяются по отношению времён локализации $T_{л}$ к нормативу времени пожарно-прикладного спорта по боевому развертыванию от пожарного автомобиля (с постановкой на водоисточник и прокладкой двух линий: учебная башня и мишень, при отсутствии разведки и при «мгновенной локализации», т.е. при $t_{л} = t_p = 0$) – 3, 4 мин. [4; 27; 32], которые для Центральной Сибири (рис. 5, где $T_{л} = 14,7$ – как средневзвешенная) составили:

$$k_{л} = T_{л} / t_{оп} = 14,7 / 3,4 = 4,3235 \text{ и } P_{л} = 1 / 4,7059 = 0,213 \tag{25}$$

Подставляя полученные значения и соответствующие дифференцированные времена из уравнений (5-10) и формул (22, 23) в уравнение (24), получили вероятность фактической интенсивности ($P_{И}$) подачи огнетушащих составов (ОТС) участниками пожаротушения:

$$4,3235 \cdot 14,7 = \frac{5,2}{0,845 \cdot 0,6294} + \frac{4,4}{0,845 \cdot 0,6294} + \frac{7,37}{0,845 \cdot P_{И}} \rightarrow P_{И} = 0,1916, \tag{26}$$

откуда имеем коэффициент качества и вероятность тушения пожаров при фактической интенсивности подачи ОТС и соответствия прибывших сил и средств рангу пожара:

$$k_{лик} = 1 / (0,845 \cdot 0,1916) = 6,175 \text{ и } P_{И} = 0,1619 \tag{27}$$

Очевидно, что вероятность соответствия привлекаемых сил и средств (P_C) практически равна вероятности правильного решения диспетчером задачи ($P_{р\delta}$) высылки боевых расчетов, т.е. достоверности и оптимальности расписания выездов, а коэффициент качества ($k_{сб}$) и вероятность фактического сбора по тревоге ($P_{сб}$) определится соответствующими отношениями среднего времени сбора ($t_{сб}$) к усредненному по типам ПА нормативу ($T_H = 1,0333$) [4]:

$$k_{р\delta} t_{р\delta} = t_{р\delta} / 0,845 \rightarrow k_{р\delta} = 1,1834 \text{ и } P_{р\delta} = 0,8449 \tag{28}$$

$$k_{сб} t_{сб} = t_{сб} / T_H = 3,1 / 1,0333 = 2,9532 \text{ и } P_{сб} = 0,3386 \tag{29}$$

Вероятность «неиспользования» пожарно-технического вооружения (ПТВ) оценим как разность отношения пожаров, на которые государственная противопожарная служба (ГПС) выезжала и потушила ресурсами автоцистерн, т.е. без постановки на водоисточник, что (по аналогии с Югом России) составило 3,79% [4]:

$$(1 - P_{uc}) = 0,0379 \rightarrow P_{uc} = 0,9621 \quad (30)$$

В соответствии с уравнением (2) и граничными условиями, параметры ОТЗ по возвращению боевых расчетов в ПЧ получим в следующем виде [4; 27]:

$$4,7259 t_{op} / (1 - 0,5340) = t_{ce} - \text{время «свертывания ПТВ»}, \quad (31)$$

$$1,5168 t_{co} / (1 - 0,3386) = t_{nop} - \text{время постановки в боевой расчет}. \quad (32)$$

Группировка и подстановка полученных данных нового уравнения ОТД в применяемое до настоящего времени «старое уравнение ОТД» [29; 32] позволили провести экспертную оценку оперативно-тактической деятельности пожарной охраны Сибири по связи с фиксируемыми в государственной статистике временами выполнения ОТЗ [4; 20; 32]:

$$T_C = 1,3914 \cdot \left(\frac{2,8}{0,99176} + \frac{0,2}{0,89688} + \frac{0,1}{0,96175} \right)$$

$$T_{II} = 1,1207 \cdot \left(\frac{0,87}{0,845} + \frac{3,88}{0,3386} + \frac{2,5816}{0,3722(1 - 3,245 \cdot 10^{-5})} \right)$$

$$T_{II} = 4,3235 \cdot \left(\frac{5,2}{0,845 \cdot 0,6294} + \frac{4,4}{0,845 \cdot 0,6294} + \frac{7,37}{0,2313} \right)$$

$$T_{лик} = 6,175 t_{лик}$$

Так, коэффициент качества при T_C свидетельствует о том, что только в 71,87% случаев (1/1,3914) в обнаружении и сообщении о пожарах, на которые привлекалась ГПС, использовались средства связи и сигнализации. При этом вероятности обнаружения (0,99176), срабатывания (0,89688) и сообщения (0,96175) характеризуют низкий уровень надежности имеющихся установок АПС. Если добавить к оставшимся 28,13% пожаров 21,88% (рис. 1а), на которые ГПС не выезжала, то получающийся показатель 50,01% свидетельствует о низком уровне применения технических средств обнаружения и сообщения о пожаре [4; 20].

Коэффициент качества при T_{II} свидетельствует о том, что время реакции гарнизонов ГПС, т.е. прибытия к месту пожара, только в 89,23% случаев (1/1,1207) соответствует нормативу выезда. При этом вероятность достижения ПА конструктивной скорости (0,5435) говорит о неудовлетворительном состоянии дорожно-транспортной инфраструктуры, а вместе с вероятностью ДТП ($3,245 \cdot 10^{-5}$) свидетельствует о том, что уровень безопасности системы управления дорожным движением (0,999967) более чем в 30 раз ниже установленной ГОСТ 12.1.004 безопасности населения (0,999999) [4; 20; 24].

Низкая вероятность оптимальной маршрутизации (0,3722), т.е. привлечения сил

и средств по кратчайшим маршрутам, характеризует неадекватность оперативных планов и неоптимальность дислокации ПЧ, а вместе с невысокой вероятностью правильного решения задачи диспетчером (0,8485) свидетельствует о низком уровне автоматизации решения ОТЗ.

Коэффициент качества при T_{II} свидетельствует о том, что время локализации, т.е. разведки, боевого развертывания и локализации пожара, только в 23,13% случаев (1/4,3235) соответствует нормативам. Практически равновероятные значения при времени разведки и боевого развертывания ($0,845 \cdot 0,6294 = 0,531$) свидетельствуют об отсутствии необходимого информационного обеспечения боевых расчетов о каждом 2-м объекте пожара, а низкая вероятность локализации (0,2313) характеризует тот факт, что только на 1 из 5 пожаров привлеченные силы и средства (численность, тип и интенсивность подачи ОТС) соответствовали классу и рангу пожара [4; 20].

Коэффициент качества при $T_{лик}$ свидетельствует о том, что время ликвидации только в 16,19% случаев (1/6,175) соответствовало оптимальному, т.е. только на каждом 6-м пожаре привлеченные силы и средства (численность, тип и интенсивность подачи ОТС) соответствовали классу и рангу пожара [20].

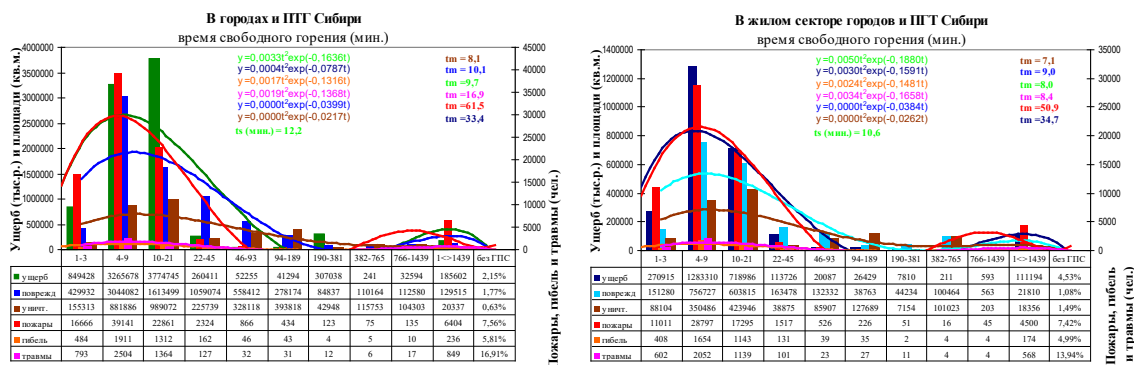


Рис. 6. Гистограммы пожаров и потерь в городах, ПГТ и в их жилом секторе

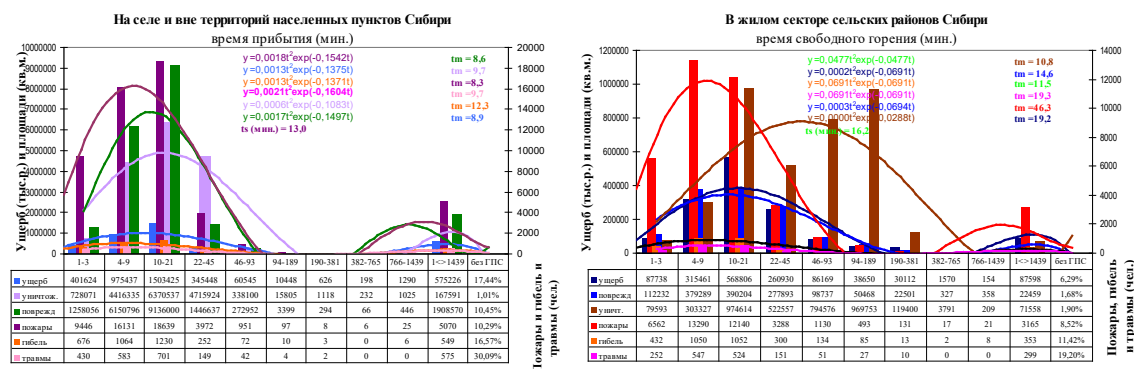


Рис. 7. Гистограммы пожаров и потерь в сельских районах и в жилом секторе села

Таким образом, пространственно-временной статистический анализ пожаров в Сибири (Тюменская и Иркутская области, ХМАО и Красноярский край) с 2009 по 2019 год показал, что практически каждые 2 пожара из 3, т.е. 63,24%, произошли в городах и ПГТ со средним временем свободного горения – 12,2 минуты и 16,9 минуты – роста материального ущерба (рис. 6). При этом ГПС не выезжала на каждый 12-й из указанных пожаров (7,56%), в результате чего на них погиб каждый 12-й (5,81%) и был травмирован каждый 5-й (18,72%) житель городов и ПГТ Сибири, а 71,63% количества указанных пожаров пришлось на жилой сектор, где число погибших составило 85,84% и травмированных – 81,18%, при 28,45% прямых материальных потерь от пожаров в них.

В сельских населенных пунктах и на прилегающих к ним территориях ситуация ещё хуже, т.к. почти каждый 3-й пожар (36,75%) возникает в них со средним временем свободного горения – 17,7 минуты (рис. 3), причем 75,47% из указанного количества пожаров приходится на жилой сектор, где число погибших составляет 93,3%, а травмированных – 81,6%, при 42,2% прямых материальных потерь (рис. 7).

При этом ГПС не выезжала на каждый 9-й пожар в сельских районах, в результате чего на указанных пожарах погиб каждый 6-й и был травмирован каждый 3-й сельский житель (рис. 7).

Существенной особенностью ситуации с пожарами в Сибири, в отличие от Юга России, является отсутствие эффективной системы противопожарной защиты лесных массивов и сельхозугодий [4; 5].

Статистика свидетельствует, что, несмотря на то что в прилегающих к населенным пунктам лесных массивах и сельхозугодиях произошло всего 5709 пожаров (3,92%), в них погибло 60 (0,72%) и было травмировано 635 человек (6,9%), прямой материальный ущерб достиг почти 1,0 млрд руб. (7,5%), а в населенных пунктах было уничтожено 994 525 кв. м (4,97%) и повреждено 578 167 кв. м (2,09%) площадей городских и сельских зданий (рис. 8).

На каждый 4-й лесной пожар (25,97%) ГПС не выезжала (из-за отсутствия связи и т.д.), в то время как число погибших в них составило 71,43%, и травмы получили 441 человек (рис. 8), что почти в 5 раз больше спасенных в них, а диапазон расстояний привлечения сил и средств составил от 5 до 500 км.

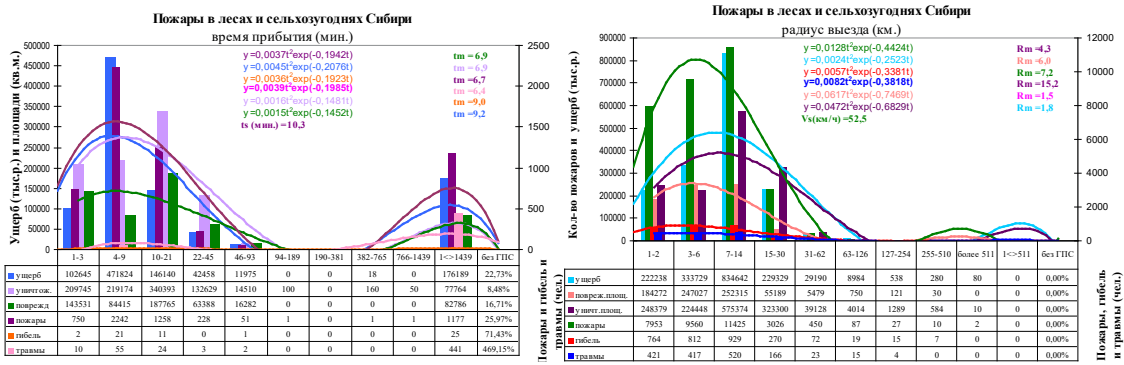


Рис. 8. Гистограммы пожаров и потерь от них в лесах и сельхозугодиях Сибири

Полученные результаты свидетельствуют о том, что *отсутствует мониторинг сибирских территорий на предмет раннего обнаружения загораний*, т.е. практически нет систем АПС в жилом секторе городов и ПГТ, а также средств обнаружения и тушения пожаров в сельских населенных пунктах и лесных массивах. Результаты моделирования показали (табл. 1-3), что решить проблемы Сибири можно с помощью следующих инновационных решений (рис. 9):

в жилом секторе – путем применения электро-газо-счетчиков-извещателей-подавителей пожарно-энергетического вреда (ЭГСИП ПЭВ), запатентованных в РФ [10; 11];

в лесах и сельхозугодиях – применением агропожарных дирижаблей с соответствующей аппаратурой мониторинга агропожарных параметров [35; 36] и мембранными азотными установками тушения пожаров сепарированным из воздуха азотом, которые также защищены патентами РФ [37; 38].

На массиве более 150,0 тыс. пожаров, произошедших в Центральной Сибири с 2009 по 2019 год, были вычислены статистические вероятности причин возникновения и распространения пожаров в жилом секторе и их источников, в т.ч. от бытовых

электрических и газовых приборов, которые составили:

для городов и ПГТ – 0,51392;

для сельских населенных пунктов – 0,66511.

ЭГСИП ПЭВ (рис. 9а), осуществляя мониторинг качества потребляемой электроэнергии, помимо сглаживания флуктуаций напряжения и тока, *компенсирует реактивную мощность*, возникающую в жилом секторе из-за работы индуктивных нагрузок (холодильников, стиральных машин, СВЧ-печей, сплит-систем и т.д.), *подавляя возникающий пожарно-электрический вред*, который сокращает их пожаробезопасный ресурс и приводит к пожароопасным отказам, а также *отключает электроснабжение и/или газоснабжение квартиры/индивидуального дома* при пожароугрожаемых режимах потребления/утечки указанных энергоресурсов и/или возникновения опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) [8-11]. В этом случае *можно утверждать, что, во-первых, все пожары в жилом секторе будут достоверно обнаружены на ранней стадии, а во-вторых, все пожары по «электро-газовым» причинам будут предотвращены* (табл. 1 и 2).

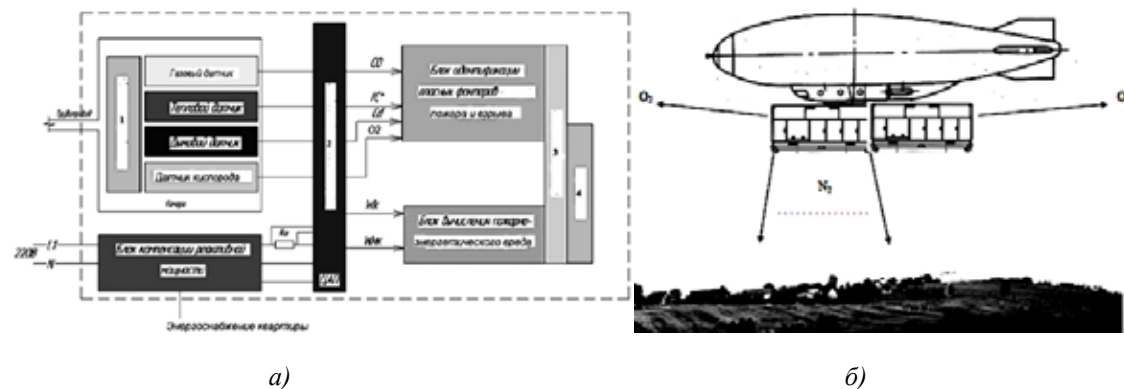


Рис. 9. Структурные схемы: ЭГСИП ПЭВ ОФП (а) и агропожарного дирижабля (б)

Таблица 1

Выборка пожаров и последствий от них в жилом секторе городов и ПГТ

Выполнение ОТЗ (мин., км)	Пожары в жилом секторе городов и ПГТ						с электро-газо-счетчиком извещателем-подавателем ПЭВ					
	кол-во	травмы	гибель	ущерб	уничтож.	поврежд.	пожары	травмы	гибель	ущерб	уничтож.	поврежд.
свободное развитие	67743	3688	4941	2760812	1309280	2070569	34814	1895	2539	1418837	674133	1064111
1-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-9	3	0	0	10	0	1	2	1	0	7	2	6
10-21	140	3	4	508	3	39	95	46	14	365	85	311
22-45	2686	60	91	13834	106	1294	1762	469	228	9724	2440	8161
46-93	19406	623	861	195068	2693	26710	12086	1086	1159	131047	37923	106953
94-189	31834	1884	2226	1028760	43445	286661	18178	291	1067	636512	239179	493914
190-381	5397	834	772	1105090	328627	1030369	2684	2	71	598288	344809	427985
382-765	17	16	10	98709	674326	624884	6	0	0	42868	49581	26770
766-1439	0	0	0	88	171722	21690	0	0	0	25	115	12
1<>1439	8259	268	978	318745	88360	78922	0	0	0	0	0	0
без ГПС	12,2%	7,3%	19,8%	11,5%	6,7%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
t _s =	23,17	30,06	28,01	40,14	103,90	66,64	22,41	12,89	18,76	38,29	44,75	37,24
t _m =	69,5	90,2	84,0	120,4	311,7	199,9	67,2	38,7	56,3	114,9	134,2	111,7
t (b)	3,47E-06	1,22E-06	1,63E-06	3,85E-07	8,58E-09	5,07E-08	3,97E-06	3,62E-05	8,07E-06	4,65E-07	2,49E-07	5,20E-07
exp	8,04E-05	3,68E-05	4,55E-05	1,55E-05	8,92E-07	3,38E-06	8,89E-05	4,66E-04	1,51E-04	1,78E-05	1,12E-05	1,94E-05
t _L (левая точка) =	46,34	60,13	56,01	80,27	207,80	133,27	44,81	25,79	37,52	76,59	89,49	74,48
t _R (правая точка) =	139,03	180,39	168,03	240,82	623,39	399,82	134,44	77,37	112,57	229,77	268,48	223,43

Таблица 2

Выборка пожаров и последствий от них в жилом секторе сельских районов

Выполнение ОТЗ (мин., км)	Пожары в жилом секторе сельских районов						с электро-газо-счетчиком извещателем-подавателем ПЭВ					
	кол-во	травмы	гибель	ущерб	уничтож.	поврежд.	кол-во	травмы	гибель	ущерб	уничтож.	поврежд.
свободное развитие	41905	3469	1975	1590022	4032234	1380816	27814	2297	1317	1056205,2	2680471	917478
1-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-9	0	0	0	3	1	3	1	0	0	3	1	3
10-21	22	1	1	153	47	148	45	1	1	187	40	153
22-45	527	21	17	4451	1596	4297	926	30	28	5185	1358	4270
46-93	5831	287	205	70934	34752	68376	7608	341	273	75528	28928	62931
94-189	19870	1390	794	468395	413294	450265	15508	1212	737	422666	329954	359867
190-381	10619	1299	519	728907	1785395	697493	3704	692	273	500230	1322277	441280
382-765	289	92	20	118401	1451548	112476	23	21	4	52341	953317	48907
766-1439	0	0	0	351	83256	329	0	0	0	65	44597	68
1<>1439	4747	378	418	198426	262345	47429	0	0	0	0	0	0
без ГПС	11,3%	10,9%	21,2%	12,5%	6,5%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
t _s =	31,83	38,22	33,92	46,09	73,35	46,01	25,29	32,50	28,54	41,57	70,47	42,11
t _m =	95,5	114,7	101,8	138,3	220,1	138,0	75,9	97,5	85,6	124,7	211,4	126,3
t (b)	9,74E-07	4,69E-07	7,55E-07	2,22E-07	3,45E-08	2,23E-07	2,45E-06	8,97E-07	1,51E-06	3,35E-07	4,05E-08	3,18E-07
exp	3,10E-05	1,79E-05	2,56E-05	1,02E-05	2,53E-06	1,03E-05	6,18E-05	2,91E-05	4,30E-05	1,39E-05	2,86E-06	1,34E-05
t _L (левая точка) =	63,67	76,44	67,84	92,17	146,71	92,01	50,58	64,99	57,08	83,13	140,95	84,22
t _R (правая точка) =	191,00	229,32	203,53	276,52	440,12	276,03	151,73	194,97	171,23	249,40	422,84	252,66

Таблица 3

Выборка пожаров и последствий от них в сельхозугодьях и лесных массивах

Выполнение ОТЗ (мин., км)	пожары в лесах, сельхозугодьях и территориях вне населенных пунктов				в т.ч. потушенные с применением авиации										
	кол-во	травмы	гибель	ущерб	гибель	ущерб	пожары	травмы	гибель	ущерб	пожары	травмы	гибель	ущерб	поврежд.
свободное развитие	5709	60	535	951251	994525	578167	6	2	0	0	113949	100210			
1-3	710	5	9	24336	45453	17018	0	0	0	0	0	0			
4-9	1805	11	27	479652	102458	57840	1	0	0	0	0	1			
10-21	1431	10	43	154478	190315	47762	0	0	0	0	0	0			
22-45	297	1	10	53314	160690	57072	0	0	0	0	0	0			
46-93	138	4	3	24275	138908	53365	0	0	0	0	0	0			
94-189	73	2	0	4734	50822	38705	2	2	0	0	0	8800	210		
190-381	23	0	0	36067	13890	6918	1	0	0	0	0	5000	0		
382-765	13	2	4	268	112739	106039	1	0	0	0	0	150	0		
766-1439	5	0	0	30420	101149	109999	1	0	0	0	0	99999	99999		
1 <> 1439	1196	28	444	176710	77921	83200	0	0	0	0	0	0	0		
без ГПС	20,95%	46,67%	82,99%	18,58%	7,83%	14,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ts =	18,3	56,1	38,9	68,8	224,3	395,8	374,7	141,0	0,0	0,0	991,2	1100,0			
tm =	12,2	37,4	25,9	45,8	149,5	263,9	249,8	94,0	0,0	0,0	660,8	733,3			
t (b)	1,54E-06	4,51E-07	6,09E-07	2,76E-08	3,47E-09	1,78E-08	9,82E-04	3,40E-05	1,02E-04	1,84E-05	5,32E-07	9,68E-08			
exp	4,37E-05	1,74E-05	2,18E-05	2,14E-06	4,52E-07	1,54E-06	1,09E-01	3,57E-02	5,15E-02	2,91E-02	8,92E-03	5,05E-03			
tL (левая точка) =	5,4	16,4	11,4	20,1	65,7	115,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
tR (правая точка) =	31,2	95,7	66,4	117,4	382,9	675,7	0,0036	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

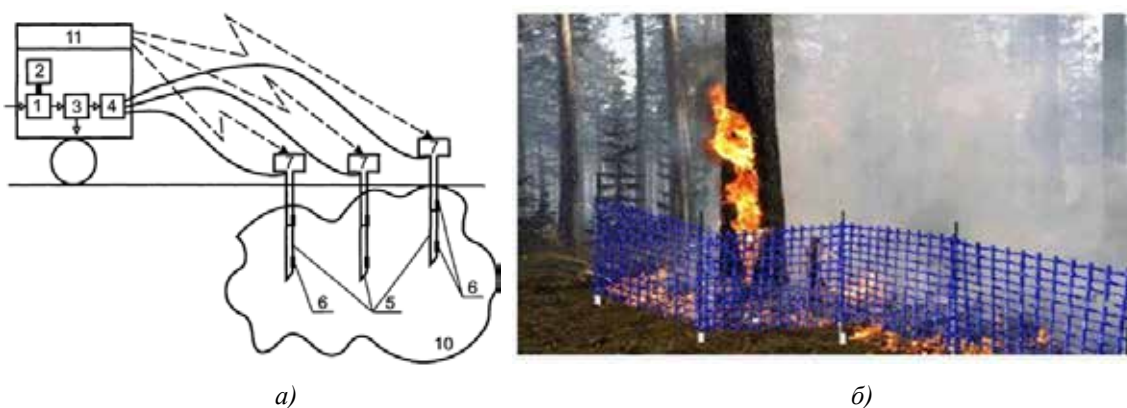


Рис. 10. Передвижная МАУ (а) и электрозащитная сетка (б)

Применяя метод ретропрогноза [22], принципиальное отличие которого заключается в том, что вектор прогноза устремляется в прошлое, и его фазовое пространство строится не на данных в будущем, дисперсия которых велика и корректно определяется с трудом, а на статистически достоверных событиях в прошлом (пожарах, гибели, травмах, материальном ущербе, уничтоженных и поврежденных площадях), которые установлены экспертами и зафиксированы документально, т.е. на данных с практически нулевой дисперсией, по аналогии с Югом России, получим следующие оценки (табл. 1, 2) [4; 20].

Если бы в 2009 году в жилом секторе городов и ПГТ Центральной Сибири были начаты работы по внедрению ЭГ-СИП ПЭВ и ОФПВ, то к 2020 году удалось бы предотвратить 32 928 пожаров, чем сохранить жизнь 1793 и здоровье 2402 жителям городов и ПГТ, сократить прямые и косвенные потери от пожаров на общую сумму в 9,02 млрд руб., спасти от уничтожения 637,6 тыс. кв. м и от повреждения 1,01 млн кв. м жилых площадей (табл. 1). А если бы это было сделано в жилом секторе и сельских населенных пунктах, то к 2020 году удалось бы предотвратить 14 005 пожаров, чем сохранить жизнь 1157 и здоровье 663 сельским жителям Сибири, сократить прямые и косвенные потери от пожаров на общую сумму в 3,6 млрд руб., спасти от уничтожения 1,3 млн кв. м и от повреждения 461,9 тыс. кв. м жилых площадей (табл. 2).

Агропожарный дирижабль (рис. 9б), осуществляя мониторинг сельхозугодий, торфяников и лесных массивов [12; 13], помимо выполнения агротехнологий точного земледелия и лесоводства, предназначен для раннего обнаружения загораний лесных массивов и торфяников, а с помощью кон-

тейнерных мембранных азотных установок (МАУ) может прибыть и подавить на начальной стадии пожары сепарированным из воздуха азотом путем его сверхзвуковой подачи через сопла Лавала при зависании над очагами [37; 38].

Более того, в дополнительном контейнере дирижабля предложено расположить оборудование для «азотирования торфяников» – отечественное инновационное решение, которое обеспечивает не только подавление пожаров торфяников, но и предотвращает их возникновение, путем ежегодной диагностики и подачи сепарированного из воздуха азота, в т.ч. от той же МАУ дирижабля, в обнаруженные зоны саморазогрева газоторфяными стволами – термоэлектронными (рис. 10а), сохраняя тем самым возможность эксплуатации торфяных месторождений, что невозможно при тушении их водой [39].

Здесь же располагается оборудование, для развертывания и функционирования электрозащитных полос вместо – минерализованных, запатентованных в России [40], которые блокируют распространение огня гораздо эффективнее, чем минерализованные полосы, не требуют землеройной техники и могут применяться многократно (рис. 10б).

Дело в том, что еще в конце XX века было обнаружено, что электрические поля воздействуют на процессы горения, и во ВНИИ противопожарной обороны [41; 42] были изобретены устройства тушения пожаров электрическими [43] и ультразвуковыми полями [44]. В это же время в результате исследований в Куйбышевском политехническом институте было зарегистрировано изобретение по тушению пожара импульсным электрическим полем [45]. Американские ученые в 2012 г. подтвердили факт тушения небольшого возгорания осциллирующим

электрическим полем [46]. Однако только Дудышеву В.Д. удалось довести устройства (рис. 106) до опытных образцов [40; 45; 47].

Резюмируя вышеизложенное, а также учитывая, что надзор за лесным хозяйством осуществляется Федеральным агентством лесного хозяйства, а статистика МЧС России по пожарам в лесах, сельхозугодиях и на территориях вне населенных пунктов (табл. 3) является не полной, будем считать полученные методом ретропрогноза оценки минимальными [4; 22].

Таким образом, *если бы в 2009 году в Центральной Сибири были начаты работы по созданию и производству агропожарных дирижаблей, то к 2020 году удалось бы предотвратить 5709 пожаров в лесах, сельхозугодиях и на территориях вне населенных пунктов, чем сохранить жизнь 60 и здоровье 535 жителям Сибири, сократить прямые и косвенные потери от пожаров на общую сумму в 6,4 млрд руб., спасти от уничтожения 994,5 тыс. кв. м и от повреждения 578,2 тыс. кв. м площадей (табл. 3).*

Внедрение и обслуживание ЭГСИП ПЭВ (особенно в сельской местности) в соответствии с действующим законодательством [34], следует осуществить через региональные отделения «Всероссийского добровольного пожарного общества» (ВДПО), т.к. статья 11 Федерального закона от 06 мая 2011 № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» предусматривает, что «... финансовое и материально-техническое обеспечение деятельности добровольной пожарной охраны осуществляется за счет собственных средств, взносов и пожертвований, средств поддержки, оказываемой органами государственной власти и органами местного самоуправления...» [48].

Аналогичная ситуация с агропожарными дирижаблями, в связи с чем авторами были разработаны поправки в действующее законодательство, прописывающие необходимое взаимодействие администраций регионов, МЧС России, Агропрома и Рослесхоза [4; 7; 13; 19].

Выводы

Полученные результаты доказывают целесообразность, возможность и высокую эффективность противопожарной защиты жилого сектора, сельхозугодий и лесов регионов Сибири путем внедрения отечественных инноваций, при взаимодействии администраций регионов, МЧС России, Агропрома и Рослесхоза в рамках 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране», а именно:

- электро-газо-счетчиков-извещателей-подавителей пожарно-энергетического вреда и опасных факторов пожара и взрыва

в квартирах и индивидуальных жилых домах городов, ПГТ и сельских населенных пунктов, которые сглаживают броски напряжения и тока, компенсируют реактивную мощность, возникающую при работе холодильников, стиральных машин, СВЧ-печей, сплит-систем и т.д., отключают электро-снабжение и/или газоснабжение квартиры/индивидуального дома при пожароугрожаемых режимах потребления/утечки указанных энергоресурсов, предотвращая тем самым взрывы и пожары по электро-газотехническим причинам;

- агропожарных дирижаблей, способных осуществлять мониторинг окружающей среды и подстилающей поверхности аппаратурой, которую невозможно поставить на БПЛА и трудно адаптировать в бортовые варианты вертолетов, самолетов или спутников, реализуя экономичность передвижения и простоту зависания и приземления, без применения причальных конструкций, включая полив, распыление удобрений и химикатов защиты, а также пожаротушение сепарированным из воздуха азотом, и без парашютного десантирования агроспециалистов и/или пожарных-спасателей с необходимой техникой в любом месте маршрута движения дирижабля, что невозможно не только для БПЛА, но и для самолетов, и для всех вертолетов, кроме МИ-26, принимая во внимание вес контейнерной мембранной азотной станции (более 10 тонн) и такого же вспомогательного контейнера с агротехникой или ПТВ.

Список литературы

1. Алекс Подолинский. Введение в биодинамическое земледелие. М.: Духовное познание, 2003. 212 с.
2. Аль Майди, Али Аббас Хашим. Пути увеличения и повышения эффективности производства зерна // Молодой ученый. 2015. № 4 (84). URL: <https://moluch.ru/archive/84/15787/> (дата обращения: 20.07.2022).
3. Ученые предупреждают: инерционный путь развития АПК ведет в тупик // Инфопроекты «EduRUS» [Электронный ресурс]. URL: http://www.edurus.ru/edunauka/selskoehozyaistvo/334820.htm#.YK_PXNqbzIU (дата обращения: 20.07.2022).
4. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью: дис... доктора технических наук. Москва: Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2013. 390 с.
5. Амельчугов С.П., Шубкин Р.Г., Антонов А.В., Романов С.В., Никулин М.А. Горение древесины при пожаре: учебное пособие. Тюмень: ГАУСЗ, 2022. 151 с.
6. Можейко О. Комплексная система защиты зерновых культур // Главный Агроном. 2021. № 1379. [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/kompleksnaya-sistema-zashchity-zernovyh-kultur> (дата обращения: 20.07.2022).
7. Олейников С.Н. Модели и алгоритмы управления пожарной безопасностью жилого сектора: дис ... канд. тех. наук. Москва: АГПС МЧС России, 2013. 252 с.
8. Белозеров В.В., Белозеров В.В., Долаков Т.Б., Никулин М.А., Олейников С.Н. Нанотехнологии «интеллектуализации»

- зации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Ч. I // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13. № 2. С. 95-107. DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107.
9. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Никулин М.А., Олейников С.Н. Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Ч. II // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13. № 3. С. 171-180. DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-171-180.
10. Олейников С.Н. Электросчетчик-извещатель пожарно-электрического вреда // Патент на полезную модель RU 135437, патентообладатель: Олейников С.Н., опубликовано 10.12.2013 Бюл. № 34.
11. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Долаков Т.Б., Никулин М.А., Олейников С.Н., Белозеров Вл.В. Способ раннего и достоверного обнаружения опасных факторов пожара с подавлением пожарно-электрического вреда в жилых помещениях // Патент на изобретение RU 2774344, патентообладатель: ООО ККЗ, опубликовано 07.02.2022 Бюл. № 4.
12. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Катин О.И., Никулин М.А. Синергетика и интеграция агротехнологий и технологий противопожарной защиты сельхозугодий, лесов и торфяников // Успехи современного естествознания. 2021. № 10. С. 13-19.
13. Белозеров В.В., Катин О.И., Никулин М.А. Об интеграции современных наукоемких агро-пожарных технологий // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6-2. С. 239-247.
14. Шевченко А.В., Мигачев А.Н. Обзор состояния мирового рынка беспилотных летательных аппаратов и их применения в сельском хозяйстве // Робототехника и техническая кибернетика. 2019. Т. 7. № 3. С. 183-195. DOI: 10.31776/RTSJ.7303.
15. Перспективы применения малой и беспилотной авиации в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/perspektivyprimeneniya-maloy-aviatsii-v-selskom-khozyaystve> (дата обращения: 20.07.2022).
16. Вертолеты на службе у сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://helico-russia.ru/blog/vertolety-na-sluzhbe-u-selskogo-khozyaystva> (дата обращения: 20.07.2022).
17. Россия тушит мир: на что способны отечественные пожарные самолёты. [Электронный ресурс]. URL: <https://life.ru/p/945443> (дата обращения: 20.07.2022).
18. Самолет-амфибия Бе-200ЧС. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beriev.com/rus/be-200/Be-200ES.html> (дата обращения: 20.07.2022).
19. Белозеров В.В., Катин О.И., Никулин М.А. Обоснование применения противопожарного дирижабля в сельском и лесном хозяйстве // Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК: сб. мат-лов нац. науч.-практ. конф. (Тюмень, 21-23 октября 2020 г.). Тюмень: ГАУСЗ, 2020. С. 4-10.
20. Белозеров В.В., Олейников С.Н. О пространственно-временном статистическом анализе пожаров // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 58.
21. Бахматская Л.С., Олейников С.Н., Периков А.В. Синтез аспирационного и термоманитного методов выделения и подавления пожарно-энергетического вреда в автоматизированную систему обеспечения безопасности жилого сектора // Электроника и электротехника. 2016. № 2. С. 88-95. DOI: 10.7256/2453-8884.2016.2.20898.
22. Белозеров В.В., Олейников С.Н. Ретропрогноз пожаров и последствий от них, как метод оценки эффективности инноваций в области пожарной безопасности // Вопросы безопасности. 2017. № 5. С. 55-70. DOI: 10.25136/2409-7543.2017.5.20698
23. Олейников С.Н. К обоснованию системы противо-пожарного налогообложения для профилактики пожаров и компенсации потерь от них // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1 (3). С. 87-89.
24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1992. 77 с.
25. Дьяконов В.П., Исачков А.В., Кабанец Е.Е., Присадков А.И. Автоматизированная система обработки статистических данных о пожарах и загораниях // Применение математических методов исследования в вопросах пожарной охраны: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1982. С. 83-88.
26. Статистика пожаров. Руководство пользователя. М.: ВНИИПО, 1995. 50 с.
27. Белозеров В.В., Гаврилей В.М. О новом уравнении оперативно-тактической деятельности государственной противопожарной службы // Технологии техносферной безопасности. 2010. № 1. 20 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://academygps.ru/ttb>.
28. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. М.: Мир, 1980. 95 с.
29. Приказ МЧС РФ от 21 ноября 2008 года № 714 «Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий» (с изменениями на 17 ноября 2020 года). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902133628> (дата обращения: 20.07.2022).
30. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Демёхин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 158 с.
31. Буцынская Т.А., Шакирова А.Ф. Классификатор приёмно-контрольных приборов систем тревожной сигнализации // Ежегодная международная научно-техническая конференция. Системы безопасности. СБ – 2009: мат-лы 18-й междунар. конф. М.: АГПС МЧС РФ, 2009. С. 71-74.
32. Теребнев В.В., Грачев В.А., Подгрушный А.В., Тербнев А.В. Пожарно-строевая подготовка: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС РФ, Колан-Форт, 2004. 336 с.
33. Кавтырев А.В. Безопасность боевого расчета при движении к месту пожара // Безопасность людей на пожарах: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1982. С. 65-71.
34. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция). [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 27.07.2022).
35. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Зубков С.Г., Никулин М.А., Топольский Н.Г., Белозеров Вл.В. Способ обнаружения и тушения пожаров сельхозугодий, степных и лесных массивов атмосферным азотом // Патент на изобретение RU 2766070, Патентообладатель: ООО ККЗ, Опубликовано: 07.02.2022. Бюл. № 4.
36. Катин О.И., Горянина К.И., Вернези М.А. Оптимальный подход в разработке системы оптической сортировки // Динамика технических систем (ДТС-2018): сб. трудов XIV международной научно-технической конференции. Ростов н/Д.: ДГТУ, 2018. С. 42-45.
37. Белозеров В.В., Денисов А.Н., Катин О.И., Никулин М.А., Белозеров Вл.В. Способ реализации агротехнологий и противопожарной защиты сельхозугодий и лесных массивов с помощью дирижабля // Патент на изобретение RU 2751365, Патентообладатели: ДГТУ, АГПС, ГАУСЗ, Опубликовано: 13.07.2021. Бюл. № 20.
38. Ворошилов И.В., Мальцев Г.И., Кошаков А.Ю. Генератор азота // Патент на изобретение RU 2450857, Патентообладатель: ООО «Тегас», Опубликовано: 20.05.2012. Бюл. № 14.
39. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Кальченко И.Е., Мальцев Г.И., Плахотников Ю.Г., Прус Ю.В., Олейников С.Н. Способ предотвращения или обнаружения и тушения

торфяных пожаров и установка для реализации способа // Патент на изобретение RU 2530397, Патентообладатели: ДГТУ, ООО ККЗ, ООО НПТЦ ТС. Опубликовано: 10.10.2014. Бюл. № 28.

40. Дудышев В.Д. Устройство электрического пожаротушения // Патент на полезную модель RU 69754, Патентообладатель: Дудышев В.Д. Опубликовано 10.01.2008. Бюл. №1.

41. Гуляев Г.А., Попков Г.А., Щебеко Ю.И. О влиянии постоянного электрического поля на горение смеси пропан-бутан с воздухом // Физика горения и взрыва. 1985. № 4. С. 24-25.

42. Гуляев Г.А., Попков Г.А., Щебеко Ю.И. Об эффектах синергизма при совместном действии электрического поля и инертного разбавителя на газофазные пламена // Физика горения и взрыва. 1987. № 2. С. 57-60.

43. А.с. 1282849 СССР, МПК А 62 С 3/04. Способ предотвращения самовоспламенения горючих газопаровоздушных смесей / Верещагин С.И., Гуляев Г.А., Попков Г.А., Щебеко Ю.И., Иванов А.Е., Поляков Ю.А., заявка № 3922049 от 04.07.85; опубликовано 15.01.87. Бюл. № 2.

44. А.с. 1683782 СССР, МПК А 62 С 2/00. Способ тушения пламени / Пулин А.П., Калинин В.И., Пулинец М.И., Николаев В.М., Дегтярев Г.М., Бажин Г.В., Сорокин А.Б., Калинин Е.С., Луцки Л.А., Куприянов С.В. и др. заявка № 4725555 от 09.06.89; опубликовано 15.10.91. Бюл. № 38.

45. А.с. 1621234 СССР, МПК А 62 J 15/00. Способ тушения пламени / Дудышев В.Д., заявка № 4495847 от 18.07.88; зарегистрировано 15.09.90.

46. Aaron M. Drews, Ludovico Cademartiri, Michael L. Chemama, Michael P. Brenner, George M. Whitesides, and Kyle J. M. Bishop Ac electric fields drive steady flows in flames // PHYSICAL REVIEW E 86, 036314 (2012); 1539-3755/2012/86(3)/036314(4). DOI: 10.1103/PhysRevE.86.036314.

47. Дудышев Д.В. Новые технологии тушения и предотвращения пожаров // Экология и промышленность России. 2003. № 11. С. 31-36.

48. Федеральный закон от 20 апреля 2011г. № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902276967> (дата обращения: 27.07.2022).