

УДК 614.841

Н.П. КОПЫЛОВ, гл. науч. сотр., д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки Рос. Федерации; А.Е. КУЗНЕЦОВ, нач. отд., канд. техн. наук; В.Н. КАРПОВ, нач. отд.; Е.Ю. СУШКИНА, нач. отд. – уч. секретарь, канд. техн. наук (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

## ВЫБОР ДОБАВОК К ВОДЕ ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ АВИАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

В работе рассмотрены вопросы повышения эффективности тушения лесных пожаров в авиационным способом с использованием различных добавок к воде. На специально созданном экспериментальном стенде проведены огневые испытания по тушению модельных очагов лесных пожаров с имитацией сброса воды с самолета. Исследованы растворы загустителей, антипиренов, смачивателей и их комбинаций, обоснован выбор эффективных добавок.

**Ключевые слова:** *лесной пожар, пожаротушение авиационным способом, огнетушащее вещество, добавки к воде, эффективность тушения*

Эффективность авиационного способа тушения ландшафтных пожаров во многом определяется тем, какое огнетушащее вещество (ОТВ) применяется. В большинстве случаев это вода, и для того, чтобы обеспечить нормативную интенсивность ее подачи, необходимо делать несколько сбросов по одному и тому же участку.

Для повышения огнетушащей эффективности в воду вводят добавки в виде смачивателей, антипиренов, загустителей или смеси этих веществ. При испытаниях данных добавок на огнетушащую эффективность ранее использовались стандартизированные методики для средств наземного применения. При авиационном сбросе огнетушащего вещества меняются условия его распыления в атмосфере, и существующие методики огнетушащей эффективности становятся непригодными для использования. Требуются новые методики испытаний, в которых учитываются (моделируются) все условия авиационного сброса.

В статье [1] описан специально созданный в ФГБУ ВНИИПО МЧС России экспериментальный стенд, позволяющий проводить огневые испытания по тушению модельных очагов, моделирующих низовой и верховой лесные пожары, с имитацией сброса воды с самолета. На стенде исследованы растворы различных смачивателей, загустителей и антипиренов. На основании исследований установлено, что добавки к воде, увеличивающие вязкость, способствуют улучшению качества авиационного тушения пожаров.

В работе [2] рассмотрены вопросы выбора критериев оптимизации добавок к огнетушащим составам для тушения. Предложено использовать следующие критерии: кинематическая вязкость, близкая к  $2+3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  [1]; коэффициент использования растворов ОТВ выше, чем у воды; доступность и технологичность использования добавок. Для определения соответствия критериям выбора на экспериментальном стенде были исследованы различные в процентном содержании растворы антипирена (бишофит), смачивателя («Файрекс») и загустителя (бентонит), приведены результаты огневых экспериментов. Показано, что при тушении низового лесного пожара растворы бишофита и бентонита эффективнее воды (коэффициенты эффективности 8%-го раствора бишофита – 1,3; 5%-го и 10%-го растворов бентонита – 1,7 и 1,3 соответственно), раствор «Файрекс»

неэффективен. Для тушения верхового лесного пожара все исследованные добавки малоэффективны. При этом все значения кинематической вязкости исследованных растворов бентонита (5%-го, 8%-го, 10%-го, 15%-го) оказались выше критериальных значений, а растворов «Файрекс» и бишофита – ниже.

К настоящему времени цикл стендовых испытаний по оценке эффективности различных добавок продолжен, получены новые результаты, дополняющие полученные ранее данные и позволяющие расширить выбор оптимальных огнетушащих веществ для авиационного тушения лесных пожаров. В частности, увеличен диапазон концентраций исследуемых групп добавок в целях определения влияния вязкости огнетушащих веществ на тушение низовых и верховых пожаров, а также изучена эффективность применения комбинаций добавок (антипирены + смачиватели).

Результаты экспериментов сведены в таблицу. Для полноты картины и возможности проведения сравнительного анализа в табл. 1 показаны результаты новых и ранее проведенных исследований.

**Таблица 1**

### Экспериментальные данные по тушению лесных пожаров водой и растворами ОТВ

ОТВ	Время		Примечание
	разгорания, с	тушения, с	
<b>ОЧАГИ 0,1А (низовой)*</b>			
Вода + 0,3 % «Файрекс»	358	13/16/17/18/22/35/84 Среднее 29	-
Раствор воды с бишофитом 8 %	325	11/14/16/23/29/31/33 Среднее 22	-
Раствор воды с примесью бентонита 10 %	360	13/16/17/20/21/31/45 Среднее 23	-
Раствор воды с примесью бентонита 5 %	320	11/13/15/16/18/19/32 Среднее 18	-
Раствор воды с примесью бентонита 2 %	326	11/16/18/20/23/41/52 Среднее 26	-
Вода	380	Среднее 30	Тление исчезло на 87-й секунде
Раствор воды с ОС-5 4 %	348	15/19/22/24/48/52/60 Среднее 34	-
<b>ОЧАГИ 1А (верховой)*</b>			
Вода	383	39/52/57/62/80 Среднее 58	-
Раствор воды с бишофитом 8 %	353	14/57/63/70/92 Среднее 59	-
Раствор воды с бишофитом 8 % и добавкой «Прогресс» 8 % (масс.) от бишофита	297	83	Пламенное горение исчезло только на одном очаге
Раствор воды с примесью бентонита 10 %	340	39/43/51/57/78 Среднее 53	-

ОТВ	Время		Примечание
	разгорания, с	тушения, с	
Раствор воды с примесью бентонита 5 %	260	31/33/36/56/60 Среднее 43	-
Раствор воды с примесью бентонита 2 %	260	74/85/87/105/138 Среднее 98	Пламенное горение очагов начало исчезать, когда интенсивная подача ОТВ уже закончилась и появилось сильное задымление. Вероятно, из-за нехватки кислорода или проникновения «глинистого раствора» в глубь очага. Последний очаг затух на 138-й секунде
Раствор воды с ОС-5, 4 %	291	79/81/82/84 Среднее 82	Пламенное горение прекратилось после завершения подачи раствора, один очаг не потушен
Вода + 20 % «Крилак-Лес»	378	48/50/55/56/62 Среднее 54	-
Вода + 0,3 % «Файрекс»	385	60/90/-	Горение очагов продолжилось

\* Низовой 7 очагов 0,1А, верховой 5 очагов 1А. Средняя интенсивность орошения водой 0,26 л/с · м<sup>2</sup>. Коэффициент равномерности орошения  $K_{op} = 0,0534$ . Среднее квадратичное отклонение:  $S = 0,01409$ .

Для некоторых растворов измерена вязкость на приборе «Реотест-2». Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Кинематическая вязкость растворов**

Состав	Кинематическая вязкость, 10 <sup>-6</sup> м <sup>2</sup> · с <sup>-1</sup>
<b>ОС-5</b>	
ОС-5 – 4 % (мас.)	1,24; 1,05
<b>Бентонит</b>	
Бентонит 3,0 % (мас.)	2,096
Бентонит 1,5 % (мас.)	1,3924
Бентонит 1 % (мас.)	1,338
Бентонит 0,5 % (мас.)	1,0035
<b>Бишофит</b>	
Бишофит 12 % (мас.)	1,121
Бишофит 8 % (мас.) + «Прогресс» 8 % (мас.)	1,153
<b>КМЦ</b>	
КМЦ 1 % (мас.)	6,1832
КМЦ 0,5 % (мас.)	3,0105
КМЦ 0,25 % (мас.)	1,8955

Для примера в табл. 2 приведены данные по вязкости карбометилцеллюлозы, которая часто в качестве загустителя вводится в растворы с антипиреном.

Анализ приведенных в табл. 1 результатов испытаний показал, что при тушении низового пожара используемыми в экспериментах огнетушащими веществами наилучшие результаты получены для 5%-го раствора бентонита – среднее время тушения 18 с. При увеличении и уменьшении процентного содержания бентонита в растворе среднее время тушения увеличивается и составляет соответственно 23 и 26 с. Эти данные свидетельствуют о том, что оптимальная концентрация раствора бентонита равна примерно 3–5 %. Кинематическая вязкость таких растворов составляет  $\sim 2,096\text{--}2,117 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ . Этот результат согласуется с данными работы [3], в которой экспериментально установлен эффективный диапазон вязкости растворов  $2\text{--}3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ .

Раствор бишофита 8 % эффективнее воды в 1,7 раза.

Растворы 0,3 % «Файрекс» и 4 % ОС-5 оказались близкими к воде по результатам тушения низового пожара.

При тушении верхового пожара самым эффективным оказался 5%-й раствор бентонита, среднее время тушения 43 с. Растворы бентонита 2 % и 10 % дали время тушения 98 и 53 с. Качественная картина по тушению верхового пожара такая же как для тушения низового пожара.

При тушении 8 % раствором бишофита результат тушения близок к тушению водой – 59 и 58 с соответственно.

Добавка смачивателя «Прогресс» в 8 % раствор бишофита ухудшила результаты тушения – пожар не потушен. Такой же результат получен и 0,3 % раствором «Файрекс»: тушение не достигнуто.

Эти результаты свидетельствуют о том, что добавки в огнетушащие растворы смачивателей ухудшают тушение лесных пожаров с применением авиации.

Растворы с использованием диаммонийфосфата – («Крилак-Лес» и ОС-5) в тех концентрациях, которые использовались в экспериментах, показали результаты, близкие к воде, и несколько хуже для ОС-5.

### Список литературы

1. Повышение эффективности тушения лесных пожаров с использованием добавок к воде / Н.П. Копылов, И.Р. Хасанов, А.Е. Кузнецов, Д.В. Федоткин, Е.А. Москвиллин, П.А. Стрижак, В.Н. Карпов // Пожарная безопасность. 2015. № 4. С. 46–50.

2. Оптимизация выбора добавок к воде при тушении лесных пожаров с помощью авиации / Н.П. Копылов, И.Р. Хасанов, А.Е. Кузнецов, Д.В. Федоткин, Е.А. Москвиллин, П.А. Стрижак, В.Н. Карпов // Пожарная безопасность. 2016. № 4. С. 48–50.

3. Казаков М.В. Применение поверхностноактивных веществ для тушения пожаров. М.: Стройиздат, 1977. 81 с.

**Материал поступил в редакцию 23.07.2019 г.**

**Копылов Николай Петрович** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации; **Кузнецов Александр Евгеньевич** – начальник отдела, кандидат технических наук; **Карпов Вячеслав Николаевич** – начальник отдела; **Сушкина Елена Юрьевна** – начальник отдела ученого секретаря – ученый секретарь, кандидат технических наук (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

Адрес: мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха, Московская область, 143903, Россия.

*N.P. Kopylov, A.E. Kuznetsov, V.N. Karpov, E.Y. Sushkina*

### **SELECTION OF ADDITIVES TO WATER AT FOREST FIRE EXTINGUISHING BY AIRCRAFTS**

The paper deals with the issues of improving the efficiency of forest fire extinguishing by means of aircrafts using various additives to water. On a specially created test facility there are carried out fire tests on standardized fire suppression with water discharge simulation from the aircraft. Solutions of thickeners, flame retardants, wetting agents and their combinations are investigated as well as the choice of effective additives is justified.

**Key words:** *forest fire, fire extinguishing by aircraft, fire extinguishing agent, additives to water, extinguishing efficiency*

**Kopylov Nikolay Petrovich** – Main Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Kuznetsov Aleksander Evgenyevich** – Head of Department, Candidate of Technical Sciences; **Karpov Vyacheslav Nikolaevich** – Head of Department; **Sushkina Elena Yuryevna** – Head of Department – Academic Secretary, Candidate of Technical Sciences (FGBU VNIPO EMERCOM of Russia).

Address: mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia.