



УДК 630\*432

## Применение экрана из огнестойкой бумаги для остановки и локализации лесных низовых пожаров

© Е.С. Арцыбашев

---

### **Use of fire-resistant paper screen for the stop and localization of forest surface fires**

**E. S. Artsybashev** (Saint-Petersburg Forestry Research Institute)

The main objective of the study is to develop a new way of stopping and localization of the most common forest surface fires on the principle of interrupting the transmission of heat by convection and radiation from burning wood materials to a noncombustible using a screen of fire-resistant paper. The results of laboratory tests of heat-resistant paper, commercially available, at the temperature limit, the mechanical strength and the response to the fire-extinguishing solutions. The structure of the most fire hazardous heather forest type pine and the results of these studies determined the height of the front of the screen, developed a prototype handheld platform for moving coil technology and screen settings in forest types dominated by a ground cover of grasses and shrubs. The results of the test platform and screen in a production environment. It was determined that the screen height of 40 cm has the same fire-retardant effect that the mineralized forest strip zone up to 1,2 m.

The ways of further improving the new method of fighting forest fires.

**Key words:** ground fire, flame radiation, heat, screen, platform, ground cover, litter

### **Применение экрана из огнестойкой бумаги для остановки и локализации лесных низовых пожаров**

**Е. С. Арцыбашев**

Основная цель исследования заключалась в разработке нового способа остановки и локализации наиболее распространенных лесных низовых пожаров на основе принципа прерывания передачи тепла конвекцией, индукцией и излучением от горящих лесных материалов к негорящим с применением экрана из огнестойкой бумаги. Приведены результаты лабораторных испытаний термостойких бумаг, выпускаемых промышленностью, на температурный предел, механическую прочность и реакцию на огнетушащие

растворы. Изучена структура наиболее пожароопасного типа леса – сосняк верещатниковый, и по результатам этих исследований определена фронтальная высота экрана, разработаны опытный образец ручной передвижной платформы и технология установки экрана в типах леса с преобладанием в напочвенном покрове трав и кустарничков. Приведены результаты испытания платформы и экрана на опытных пожарах в производственных условиях. Установлено, что экран при высоте 40 см по огнезадерживающей способности эквивалентен минерализованной полосе шириной не менее 1,2 м.

Намечены пути дальнейшего совершенствования нового способа борьбы с лесными пожарами.

**Ключевые слова:** низовой пожар, излучение пламени, термостойкость, экран, платформа, напочвенный покров, лесная подстилка

Арцыбашев Евгений Степанович, д-р с.-х. наук, профессор, главный науч. сотр.

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21  
Тел.: (812) 552-80-21, факс: (812) 552-80-42  
E-mail: mail@spb-niilh.ru

Необходимость поиска новых технических решений борьбы с лесными низовыми пожарами вызвана их широким распространением. Так за 1990-2004 гг. из всей покрытой лесом площади, пройденной огнем, на долю низовых пожаров пришлось 86,1%, верховых – 13,6% и подземных – 0,3% [4].

Наиболее пожароопасными лесными насаждениями в бореальной зоне являются светлохвойные сосняки и лиственничники с большой массой горючих материалов под пологом леса, к которым относятся мхи, лишайники, опад хвои, мелких веточек, шишек, чешуек коры, а также сухие травы и верхний слой лесной подстилки. По классификации Н.П. Курбатского [5], эти горючие материалы являются «проводниками горения». Они интенсивно впитывают в себя атмосферную влагу и так же быстро теряют ее, из-за высокой гигроскопичности восстанавливают способность к загоранию уже на второй день после выпадения дождя.

Процесс борьбы с низовым пожаром объединяет в себе ряд последовательных операций: 1) остановка огня, 2) локализация горящего участка, 3) дотушивание оставшихся очагов и окарауливание места пожара. В практике лесного пожаротушения первые две операции могут проводиться одновременно и именно они определяют исход борьбы с огнем.

В настоящее время локализация пожара в подавляющем большинстве случаев производится путем создания по его периметру минерализованной полосы, являющейся преградой для дальнейшего распространения огня. Локализация пожара путем выжигания на его пути полосы, препятствующей распространению горения, должна рассматриваться как частный случай, так как наличие минерализованной (опорной) полосы, от которой производится отжиг, в данном случае также является необходимым условием.

Минерализованная полоса создается тракторными плугами, бульдозерами, грунтометами или вручную (граблями, мотыгами, лопатами), поэтому, в зависимости от способа создания и сложившейся обстановки, её ширина может изменяться в широких пределах. Однако, как в

том, так и в другом случае, процесс формирования такой полосы под пологом леса является чрезвычайно трудоёмким и часто невозможным.

Трудность механизации способа локализации лесного пожара минерализованной полосой заключается, прежде всего, в тихоходности используемых тракторных агрегатов и малой проходимости по бездорожью, что препятствует своевременной доставке их к месту пожара. Вторым существенным их недостатком является малая маневренность в лесу, особенно при средних и высоких полнотах насаждений. Большинство тракторных агрегатов не может прокладывать минерализованную полосу даже на нераскорчеванных вырубках. Кроме того, задача переброски тяжелой землеройной техники к удаленным пожарам еще не решена, поэтому такие пожары, как правило, локализуются вручную, с помощью ручного инвентаря, ранцевых огнетушителей и резе – взрывным способом. Попытки создания легких моторизованных орудий типа покровосдирателей и грунтометов пока не дали положительных результатов, поэтому разработка новых эффективных способов локализации пожаров, основывающихся на последних достижениях науки и техники является задачей своевременной и актуальной.

Идея предлагаемого нами способа родилась в процессе изучения энергетического баланса горения лесных материалов и характера направления воздушных потоков в зоне действия кромки пожара.

Чтобы остановить распространение огня в лесу, необходимо изолировать (локализовать) горящий участок леса от не горящего и таким образом прервать процесс передачи тепловой энергии к запасам горючих материалов. Иными словами, необходимо уберечь горючие материалы от повышения температуры, при которой начинается их возгонка, а затем и воспламенение. Лабораторными исследованиями установлено, что около 82% тепла, выделяемого в процессе горения, уходит вверх вместе с продуктами горения, 3-4% – в почву и только 14-16% используется для подготовки горючего материала к воспламенению [1].

Последний показатель можно рассматривать как наиболее слабое звено в физико-химической реакции горения лесных горючих материалов, и именно здесь, имея дело с относительно малым количеством тепловой энергии, следует искать эффективные средства или способы, прерывающие передачу тепла от кромки пожара к следующей порции горючего материала.

Установлено также, что из этих 14-16% тепловой энергии, подавляющая часть передается соседним участкам горючего материала в виде лучистой энергии (радиации), а остальное – за счет теплопроводности и конвекции горячих газов.

Отсюда можно заключить, что борьба с дальнейшим развитием пожара должна сводиться в основном к изолированию той лучистой энергии, которая обеспечивает подогрев и воспламенение очередной порции горючего материала. Для этого достаточно или устранить излучатель (в данном случае светящуюся часть пламени) или поставить на пути потока лучистой энергии преграду, поглощающую или отражающую эту энергию.

Последнее обстоятельство и явилось основанием для разработки в начале 60-х годов в ЛенНИИЛХ (ныне СПбНИИЛХ) принципиально нового способа локализации лесного пожара путем создания на пути движения огня противопожарного барьера, выполняющего функции не только отражающего экрана, но и

механической преграды на пути тепловой энергии, передаваемой соседним участкам горючего через конвекцию [2, 6].

Лабораторным исследованиям предшествовал сбор сведений об имеющихся в свободной продаже огнестойких пленочных материалах, обладающих достаточной жесткостью и отражательной способностью. В те годы отечественная промышленность не выпускала огнестойких пленочных материалов, поэтому для изготовления первых экспериментальных образцов экрана применялись разные виды огнестойких бумаг.

Лабораторные исследования предусматривали, прежде всего, испытание опытных образцов бумаги на термостойкость. С этой целью образцы в виде небольших полос вносили на 2-10 минут в пламя стандартного костра, температура которого соответствовала тепловым характеристикам низового пожара (900°C). После чего определялось изменение жесткости и механической прочности тестируемого материала. Кроме того, испытывалась химическая стойкость бумаг к водным растворам огнетушащих составов рабочей концентрации: 0,3% – сульфанола, 20% – сульфата аммония и 20% – хлористого кальция.

По результатам тестирования более чем 20 образцов для последующих испытаний в лабораторных и натуральных условиях были отобраны 8 типов термостойких бумаг (табл.).

Таблица

Техническая характеристика термостойких бумаг

№ п/п	Тип бумаги	Толщина, мм	Предел термостойкости, °С	Предельная механическая нагрузка, Н
1	АБК-40, неотбеленная	1,0	900	2,0
2	АБК-40, отбеленная	1,0	900	1,9
3	Т-1, неармированная	1,0	300	15,0
4	Т-2, армированная	1,5	300	42,0
5	Бумага Техн. ин-та № 1	0,8	600	3,0
6	Бумага Техн. ин-та № 2	0,8	750	3,5
7	АБК-55, неотбеленная	1,5	900	20,0
8	Бумага из стекловолокна	2,5	900	10,0

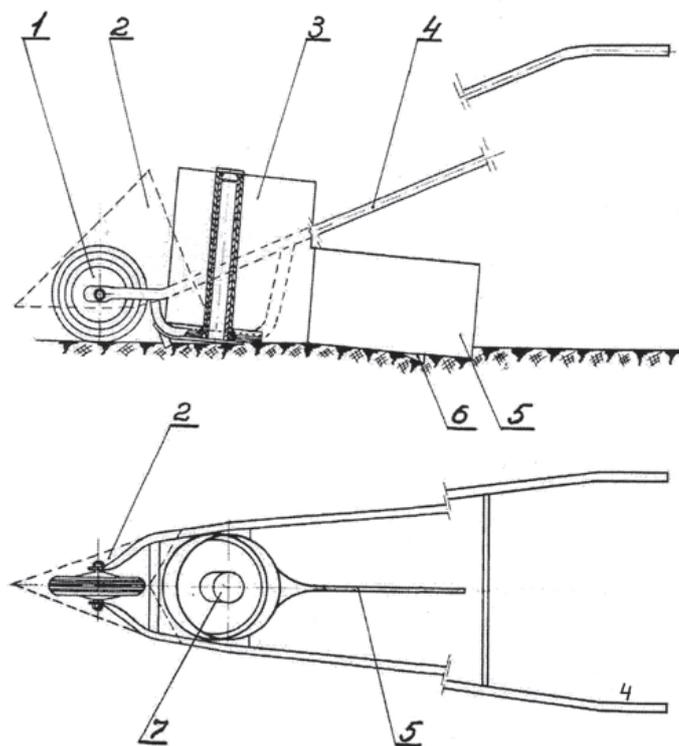
Испытания показали, что огнестойкая отбеленная и неотбеленная асбестовая бумага АБК-40 имеет низкие показатели прочности. И наоборот, прочные бумаги Т-1 и Т-2 имеют сравнительно низкий предел термостойкости (200-300 °С). Бумага (№ 1 и № 2), разработанная Технологическим институтом целлюлозно-бумажной промышленности, на 75-90% состоит из стекловолокна, поэтому полностью не сгорает, но утрачивает прочность. Образцы неотбеленной бумаги АБК-55 показали высокую огнестойкость и после обжига снижали прочность незначительно (с 20 до 15-17 Н).

Испытание бумаг водными растворами огнетушащих составов показало, что бумага АБК-40 утрачивали свою первоначальную прочность; остальные образцы её сохраняли.

По результатам лабораторных исследований наиболее приемлемой для создания опытного образца противопожарного экрана с целью локализации лесного низового пожара была выбрана асбестовая сухого формования бумага АБК-55 толщиной 0,15 мм.

Опытный образец экрана из бумаги АБК-55 по нашему заказу был изготовлен в экспериментальной лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института бумаги группой сотрудников под руководством кандидата технических наук Б. Б. Гутмана.

Для установки противопожарного экрана на лесной покров и подстилку был разработан опытный образец ручной передвижной платформы (рис. 1).



1 – направляющее колесо, 2 – защитный щиток-делитель, 3 – бункер для рулона бумаги, 4 – ручка, 5 – направляющие щеки, 6 – нож, 7 – ось барабана бункера

Рис. 1. Схема ручной передвижной платформы для установки противопожарного экрана в лесу

В рабочем положении платформа перемещается как одноколесная тачка. Высота ручек в этом случае составляет 85 см от поверхности земли. При опускании ручек и толкании платформы вперед нож входит в почву и прорезает в ней бороздку шириной 3-5 мм и глубиной 30-50 мм. В этом случае давление колеса на почву значительно уменьшается. Размер съемного ножа зависит от конкретных лесных условий.

Бумажный рулон шириной 40 см и общей длиной 100-150 м помещается в бункер, который вместе с направляющими щеками и ножом свободно смещается под углом 90° относительно оси барабана. Это позволяет платформе

описывать дуги радиусом 0,75 м без нарушения создаваемой полосы.

Щиток-делитель необходим для раздвигания растительности при установке экрана в плотных зарослях вереска или густой траве. В других типах леса, с редким лесным покровом можно обойтись и без него.

Общий вес платформы (без бумаги) – 12 кг. Рулон бумаги типа АБК-55 длиной 100 м при ширине 40 см весит 7,5 кг.

Для фиксации экрана в вертикальном положении применялись металлические стержни диаметром 4 мм, длиной 52 см с разными вариантами зажимов (рис. 2); как показал опыт, наиболее удобным оказался вариант № 3.

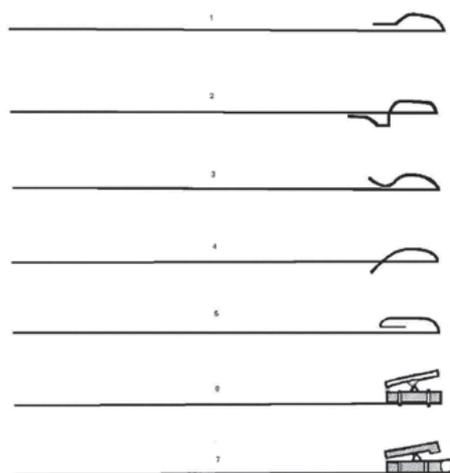


Рис. 2. Варианты зажимов для фиксации экрана в вертикальном положении

В процессе локализации пожара платформу обслуживают 2 человека. Первый ведет её на безопасном расстоянии от фронта пожара, охватывая его «полуподковой», второй устанавливает через 1,5-2,0 м стержни для поддержания экрана в вертикальном положении и следит за качеством заделки его нижнего края в борозду (рис. 3).

Первые натурные опыты по применению противопожарного экрана из негорючей бумаги для локализации лесных низовых пожаров были проведены на территории Рощинского лесхоза Ленинградской области.

Экран устанавливался в наиболее горимом типе леса – сосняке-верещатнике II-III класса возраста с неравномерной полнотой (средняя – 0,4). Высота экрана соответствовала средней высоте вереска (около 40 см), представляющего основной фон покрова (рис. 4).

Всего было проведено 45 опытных пожаров, каждый площадью от 0,02 до 0,04 га. Пуск огня производился при скорости ветра 1-3 м/сек, температуре воздуха около 20 °С и относительной влажности 50%. В отдельные моменты глубина кромки пожара перед экраном дости-



Рис. 3. Установка противопожарного экрана с применением платформы (фото автора)



Рис. 4. Общий вид противопожарного экрана, установленного в типе леса сосняк-верещатник (фото автора)

гала 1,2 м при высоте пламени свыше 2-х метров, тем не менее произошло только 3 случая перехода огня через защитную преграду, когда высота отдельных куртин вереска местами достигала 60 см. Дело в том, что противопожарный экран даже при порывах ветра основную массу нагретых газов направляет вверх, тем самым препятствуя нагреванию и воспламенению горючих материалов, которые находятся за ним. Температура горючих материалов (покрова и подстилки) за экраном не повышалась в том числе и благодаря высокой (порядка 0,80-0,85) отражательной способности асбестовой бумаги.

Чтобы исключить проход огня под экраном в сосняке-черничнике с мощной подстилкой, испытывались способы его установки по напочвенному покрову с последующим промачиванием узкой полосы у нижнего ребра водными растворами огнетушащих химикатов с расходом 2-3 л/п. м.

Результаты испытаний ручной передвижной платформы показали, что она может быть применена для установки экрана не только на легких песчаных и полупесчаных почвах по лишайниковому покрову, но и в насаждениях с мощной подстилкой.

На основании результатов лабораторных исследований и огневых опытов в условиях леса сделаны следующие предварительные выводы:

1. Противопожарный экран из огнестойкой бумаги останавливает продвижение кромки низового пожара слабой, средней и высокой интенсивности в тех случаях, когда нижнее его ребро фиксируется в минерализованном слое почвы, а высота экрана не ниже средней высоты напочвенного покрова.

2. Экран, установленный на неровной поверхности, задерживает огонь при условии, что под ним нет щелей и просветов.

3. Установка экрана в насаждениях с мощной подстилкой (черничники, долгомошники) требует смачивания напочвенного покрова под экраном растворами огнетушащих составов или поверхностно-активных веществ.

4. Экран из огнестойкой бумаги высотой 40 см по своим огнезадерживающим свойствам эквивалентен минерализованной полосе шириной более 1,2 м. При скорости ветра 2,5 м/с с порывами до 4 м/с отношение высоты экрана к ширине минерализованной полосы при одинаковой их эффективности увеличивалось в несколько раз.

5. В качестве экрана могут быть использованы различные типы пленочных материалов, обладающих достаточной прочностью и жесткостью, с пределом термостойкости не ниже 500 °С и химической устойчивостью к наиболее распространенным огнетушащим растворам.

6. Для совершенствования испытанного нами нового способа борьбы с лесными низовыми пожарами необходимо создание механизированной экспериментальной установки для одновременного выполнения следующих основных операций:

- создание щели или борозды шириной 3-5 см и глубиной до минерального слоя почвы (от 3 до 15 см) со скоростью не менее 1000 м/ч;
- установка экрана в щель или борозду с одновременным креплением его в вертикальном положении.

Проведенные исследования имели важное значение для совершенствования техники и тактики борьбы с лесными пожарами. Их результаты нашли свое отражение в документальном фильме «Бумага против огня», снятом в 1965 г. на киностудии «Леннаучфильм» по сценарию автора [3]. Научно-исследовательские и опытные работы по совершенствованию нового способа борьбы с лесными низовыми пожарами в СПбНИИЛХ продолжаются.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амосов, Г.А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах / Г.А. Амосов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1958. – 29 с.
2. Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 150 с.
3. Бумага против огня. Документальный фильм. Автор – Е. Арцыбашев, режиссер В. Павлов. Новости лесной промышленности. Киносборник № 1. Киностудия «Леннаучфильм», 10 мин (1 часть), 1965 г.
4. Думнов, А.Д. Лесные пожары в Российской Федерации / А.Д. Думнов, Ю.И. Максимов, Ю.В. Рощупкина, О.А. Аксенова. - М.: НИИ-Природа, 2005. - 230 с.
5. Курбатский, Н.П. Исследование количества лесных горючих материалов / Н.П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР. – 1970. – С. 5-58.
6. Разработка способа локализации лесных низовых пожаров с помощью противопожарного барьера из негорючей бумаги: отчет о поисковой НИР / Ленинградский науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства; рук. Арцыбашев Е.С.; отв. Губин П.А.; исполн.: Столярчук Л.В., Еремин Е.В. – Л., 1965. – 27 с. – Библиогр.: с. 19-20.

#### REFERENCES

1. Amosov, G.A. Nekotorye osobennosti gorenija pri lesnykh pozharakh / G.A. Amosov. – L.: LenNIILKh, 1958. – 29 s.
2. Artsybashev, Ye.S. Lesnye pozhary i borba s nimi / Ye.S. Artsybashev. – M.: Lesnaya prom-st, 1974. – 150 s.
3. Bumaga protiv ognya. Dokumentalny film. Avtor – Ye. Artsybashev, rezhisser V. Pavlov. Novosti lesnoy promyshlennosti. Kinosbornik № 1. Kinostudiya «Lennauchfilm», 10 min (1 chast), 1965 g.
4. Dumnov, A.D. Lesnye pozhary v Rossyskoy Federatsii / A.D. Dumnov, Yu.I. Maksimov, Yu.V. Roshchupkina, O.A. Aksenova. – M.: NIA-Priroda, 2005. – 230 s.
5. Kurbatsky, N.P. Issledovaniye kolichestva lesnykh goryuchikh materialov / N.P. Kurbatsky // Voprosy lesnoy pirolologii. – Krasnoyarsk: Institut lesa i drevesiny SO AN SSSR. – 1970. – S. 5-58.
6. Razrabotka sposoba lokalizatsii lesnykh nizovykh pozharov s pomoshchyu protivopozharnogo baryera iz negoryuchey bumagi: otchet o poiskovoy NIR / Leningradsky nauch.-issled. in-t lesnogo khozyaystva; ruk. Artsybashev Ye.S.; отв. Gubin P.A.; ispoln.: Stolyarchuk L.V., Yeremin Ye.V. – L., 1965. – 27 s. – Bibliogr.: s. 19-20.