

Пожарная и промышленная безопасность. Безопасность в ЧС

Научная статья
УДК 634.0.338
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.26.007

Возможность использования пен при борьбе с лесными пожарами

Николай Иванович Чепелев
Сергей Николаевич Орловский

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Автор ответственный за переписку: Сергей Николаевич Орловский, orlovskiysergey@mail.ru

Аннотация. Даётся обзор литературы об использовании пен при борьбе с лесными пожарами. Излагаются результаты исследований стойкости и кратности пен в зависимости от различных условий установлено, что для прокладки противопожарных опорных полос необходимо применять воздушно-механическую высоко кратную пену, а для постоянно действующих заградительных полос твёрдые пены. Рассмотрены конструкции пеногенераторов

Ключевые слова: пожары, опорные полосы, способы прокладки, пены, кратность, конструкции орудий

Для цитирования: Чепелев Н.И., Орловский С.Н. Возможность использования пен при борьбе с лесными пожарами// Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 4 (27). С. 127-132. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.26.007>.

FOAM POSSIBILITY FOR FOREST FIRE FIGHTING

Nikolay I. Chepelev
Sergei N. Orlovsky

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Corresponding author: Sergei N. Orlovsky, orlovskiysergey@mail.ru

Annotation. A review of the literature on the use of foams in the fight against forest fires is given. The results of studies of the stability and expansion of foams depending on various conditions are presented. It is established that for the laying of fire support strips it is necessary to use air-mechanical high-expansion foam, and for permanent barrier strips, solid foams. Designs of foam generators are considered

Key words: Fires, support strips, laying methods, foams, expansion, tool designs

For citation: Chepelev N.I., Orlovsky S.N. Foam possibility for forest fire fighting // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2022;4(27):127-132 (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.26.007>.

Способность пены изолировать зоны горения от доступа кислорода воздуха с последующим смачиванием горючих материалов широко используется при тушении пожаров на промышленных и гражданских объектах. Использовать химические пены для тушения,

горящего лесного напочвенного покрова пробовал еще в 1933 году П. П. Серебренников [1]. Он установил, что активное тушение более целесообразно производить водным раствором химикатов.

О возможности использования воздушно-механических пен при борьбе с лесными пожарами существуют диаметрально противоположные мнения. Так, И.П. Курбатский [2] считает, что при тушении лесных пожаров расход воды, превращенный в воздушно-механическую пену посредством пенообразователя ПО-1, сокращается вдвое. Согласно же Г.А. Амосову [3], расход жидкости на тушение лесных пожаров в виде пены оказывается более значительным, чем не вспененной жидкости.

В последние годы интерес к воздушно-механическим пенам снова возрос как у нас в Российской Федерации [4, 5], так и за рубежом. Отличая по назначению и сроку службы опорные полосы от постояннодействующих заградительных полос, наши исследования направлены на создание и изыскание таких марок пен, которые отвечают предъявляемым к ним требованиям в зависимости от назначения полосы. Положительное решение этого вопроса позволит создавать минерализованные полосы, особенно в тех условиях, где создание их затруднено или невозможно путем почвообработки.

В качестве материала для создания опорных противопожарных полос нами была взята разрушающаяся воздушно-механическая пена. Под ней мы понимаем такую пену, которая по мере разрушения вновь переходит в раствор. Для получения этой пены используются поверхностно активные вещества — пенообразователи ПО-1, ПО-1 А, ПО-1Д, ПО-6.

С целью изучения механизма получения разрушающихся пен и их характеристик в зависимости от различных факторов были разработаны два стенда. Принцип работы одного из них основан на движении пузырьков воздуха или газа через сетку, находящуюся в пенообразующем растворе; второго — на движении капель раствора через сетку, находящуюся в воздушном или тазовом пространстве.

Сравнительные опыты при одинаковых условиях (8% раствора ПО-1, подача воздуха 7,2 л) сек, скорость подачи воздуха 30 м/сек) показали, что первый способ получения пен исключает потери раствора, но производительность его ниже: всего 1,5 л/сек.

Исследуя пену, полученную вторым способом, выяснили, что кратность полученной пены по высоте вала неравномерна (есть потери раствора), но производительность выше и равна 3,6 л/сек при тех же исходных показателях. Исследования этих способов показали целесообразность их объединения в одном стенде - пеногенераторе.

При совмещении этих способов в одном стенде сводятся до минимума потери пенообразующего раствора, в результате чего значительно повышается кратность пены. В данном случае основной способ получения пены осуществляется по принципу движения капель раствора через сетку, находящуюся в воздушном потоке, а для сбора не участвовавшего в пенообразовании раствора устроена камера, которая работает по принципу прохождения воздуха через раствор. При определении кратности и стойкости воздушно-механической пены использовалась методика, разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом противопожарной обороны [6]. Исследованиями установлена связь между кратностью и стойкостью пены, а также влияние на эти свойства различных факторов (температуры, скорости, ветра, химикатов и т. д.).

Опыты показали, что от кратности пены в значительной степени зависит ее стойкость. Например, стойкость 200-кратной пены 20 мин, а 1080-кратной - всего 1,5 - 2,0 мин. При повышении температуры воздуха (газов), применяемого при получении пены, от 4° до +20°С стойкость пены возрастает, а затем начинает падать (рисунок 1).

С увеличением скорости окружающего воздуха наблюдается более быстрое разрушение пены.

Путем добавления в раствор химических веществ можно увеличивать стойкость пены, в несколько раз. Так, добавка к раствору 1% карбоксиметилцеллюлозы $[C_6H_7O_2(OH)]_{3-x}$

($\text{C}_8\text{H}_17\text{COONa}$) $_x$] увеличивает стойкость пены в 15 раз, а 0,5% натрия лаурилового ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{COONa}$) в 25 раз. Зависимость между стойкостью пены и процентом добавок приведена на рис. 2.

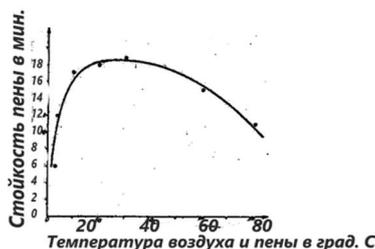


Рис. 1. Влияние температуры воздуха пены на ее стойкость

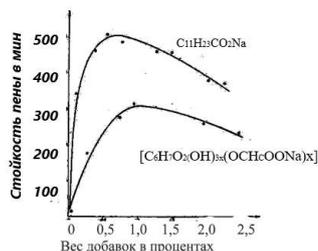


Рис. 2. Влияние солей высших карбоновых кислот на стойкость пены

Добавление к раствору пенообразователя хлористого кальция (CaCl_2) стойкость пены увеличивает незначительно.

Определение оптимальной стойкости имеет важное значение при производстве отжига. Чрезмерно большая ее стойкость может привести к тому, что огонь пройдет под слоем пены. В момент пуска огня пена является хорошим экранирующим средством и защищает горючие материалы от тепловой радиации. Затем огонь углубляется в подстилку. Так как пена к этому моменту еще не разрушится и влажность лесной подстилки под полосой не увеличится, тление подстилки может произойти под слоем пены, и огонь пройдет за опорную полосу. Следовательно, необходима такая стойкость пены, чтобы она, выполнив роль экрана в начальный момент отжига, разрушилась и, смочив подстилку, предотвратила ее тление. Поэтому для различных лесорастительных условий нужно создавать пену разной стойкости, так как стойкость пены по времени должна совпадать с пламенным горением лесной подстилки у кромки полосы.

Необходимую величину стойкости пены при отжиге можно определить по формуле:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{отж}} + T_{\text{под}} + T_{\text{пр}}, \quad (1)$$

Где $T_{\text{общ}}$ — время отжига, сек;

$T_{\text{под}}$ — время поджигания горючего материала, сек;

$T_{\text{пр}}$ — промежуточное время от укладки пены до момента поджигания, сек.

Время отжига определяется по формуле:

$$T_{\text{отж}} = \frac{S}{V} \quad (2)$$

где V — скорость движения кромки огня отжиге от полосы, м/сек,

S — расстояние, которое исключает влияние огня отжиге на полосу, м.

В качестве материала для устройства заградительных полос можно применять твердеющие пены, то есть пены, которые затвердевая, образуют пенопласт. Исходными компонентами изученной нами пены являются: вода - 45%, мочевино-формальдегидная смола (крепитель М) - 35%, пенообразователь ПО - 1 - 4%, 18% - ная соляная кислота - 4%, воздух - 12% [5]. Получаемый из этого состава пенопласт не горит, а белый его цвет делает полосу экранирующим барьером для тепловых лучей (тепловой радиации). Двухлетние наблюдения за проложенными полосами в Мининском лесхозе Красноярского края показали, что уже слой пены в 5 см является

непробиваемым для травяной растительности. Разрушения структуры твердеющей пены не наблюдалось.

Описанная пена обладает большим водопоглощением, что обеспечивает высокую, влажность подстилки под полосой. Результаты исследований показали, что относительная влажность подстилки под полосой в 3-4 раза выше влажности окружающей подстилки.

Проведенные опыты с пуском огня на полосу из твердеющей пены показали, что она является надежным препятствием против низового лесного пожара.

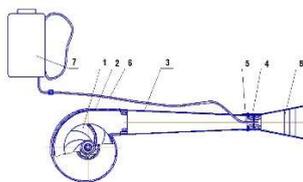
Данные наших исследований позволяют сделать вывод, что газомеханическая пена может найти широкое применение для прокладки опорных полос при пуске встречного огня, а твердеющая пена (пенопласт) - в качестве материала для устройства постоянно действующих заградительных полос при борьбе с лесными пожарами. Кроме того, перспективно использование пены для удержания огнегасящих газов на опорных полосах от уноса их конвекционными воздушными потоками, что значительно увеличивает огнезадерживающую способность опорной полосы по сравнению с другими видами полос.

Применение пен для борьбы с пожарами особенно целесообразно в горной местности, где затруднено использование землеройных, машин и доставка жидкостей для тушения лесных пожаров.

Устройство (пат № 2710793) [7] относится к области борьбы с лесными пожарами и производству профилактических выжиганий лесных горючих материалов, а именно к переносным моторизированным устройствам для прокладки пенных опорных полос с целью производства от них отжига.

Оно содержит резервуар для жидкости, вентилятор с приводом от двигателя внутреннего сгорания, воздушный ствол и гибкий трубопровод для подачи жидкости из резервуара в воздушный ствол, снабжено размещённым внутри воздушного ствола эжектором, в котором соосно закреплён трубопровод, гидравлически соединённый с гибким трубопроводом для подачи жидкости.

На рис. 3 представлено устройство для прокладки пенных опорных полос при производстве отжига, вид сбоку.



*Рис. 3. Устройство для прокладки пенных опорных полос
1-вентилятор, 2- кожух, 3- ствол 4- эжектор, 5 – трубопровод,
6- шланг, 7- ранец- резервуар, 8- пеногенератор*

Устройство содержит непосредственно связанное с коленчатым валом двигателя внутреннего сгорания рабочее колесо вентилятора 1, заключённого в кожух 2, к которому присоединён воздушный ствол 3, внутри которого смонтирован эжектор 4 с закреплённым соосно трубопроводом 5, гидравлически соединённым с гибким трубопроводом 6, другой конец которого присоединён к ранцевому резервуару 7, а на конце воздушного ствола смонтирован пеногенератор 8.

Устройство работает следующим образом.

При прокладке пенной опорной полосы для производства отжига рабочий движется по трассе опорной полосы. Создаваемая вентилятором 1 в кожухе 2 высокоскоростная струя воздуха проходит по стволу 3 и поступает в эжектор 4, где ускоряется, и на выходе засасывает (эжектирует) пенообразующий состав из трубопровода 5, соединённого через гибкий трубопровод 6 с ранцевым резервуаром 7, на сетки пеногенератора 8, после чего пена на поверхности грунта образует пенную опорную полосу.

В результате огонь, двигаясь от опорной полосы в сторону лесного пожара, обеспечивает выгорание лесных горючих материалов на поверхности почвы и при встрече с пламенем лесного пожара горение на выжженном участке кромки пожара, пройденном оператором, полностью прекращается.

Недостаток устройства, представленного на рисунке 3 в том, что оно позволяет вырабатывать пену только высокой кратности для прокладки пенных опорных полос с целью производства отжига. В то же время хорошие результаты по снижению расхода воды при прямом тушении кромки лесного низового пожара слабой и средней интенсивности при высоте пламени до 1 м и скорости распространения фронта пожара до 1,5 м/мин, а также подавления локальных очагов горения дает применение пен низкой кратности (6 - 10). Применение пены низкой кратности при тушении лесных пожаров позволяет сократить расход воды и тем самым повысить производительность каждого лесного пожарного в 1,5 - 2,0 раза по сравнению с использованием воды.

Поставленная цель в новом устройстве для тушения низового лесного пожара (патент № 2736 588) [8] достигается тем, что устройство снабжено связанным с валом двигателя жидкостным насосом, соединённым с резервуаром для пенообразующей жидкости и трубопроводом для подачи жидкости в воздушный ствол, а также размещённым внутри воздушного ствола сегментным затвором с ручным приводом.

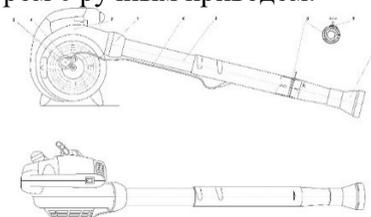


Рис. 4. Устройство для тушения низового лесного пожара
1-вентилятор, 2- кожух, 3- ствол, 4- насос, 5- привод, 6- шланг,
7- пеногенератор, 8- затвор сегментный, 9- привод затвора

Устройство (Рис. 4) содержит связанное с валом двигателя колесо вентилятора 1, заключённого в кожух 2, с которым связан через механизм привода 5 жидкостной насос 4, гидравлически соединённый с ранцевым резервуаром (не показан) и подающим трубопроводом 6, воздушный ствол 3, на конце которого смонтирован пеногенератор 7, внутри воздушного ствола смонтирован сегментный затвор 8 с двухпозиционным ручным приводом 9 и закреплённым соосно трубопроводом 6.

При прокладке пенной опорной полосы с целью производства отжига ручной привод 9 сегментного затвора 8 переводится в положение «пена» и количество воздуха, подаваемого на сетки пеногенератора 7 пропорционально увеличивается, что приводит к выработке пены высокой кратности, от которой выполняется посредством зажигательного аппарата отжиг в сторону кромки очага горения.



А – опорная полоса из пены



Б – отжиг от опорной полосы

Рис. 5. А. Б. – пенная опорная полоса и отжиг от неё

В результате огонь, двигаясь от опорной полосы в сторону лесного пожара, обеспечивает выгорание лесных горючих материалов на поверхности почвы и при встрече с пламенем лесного пожара горение на выжженном участке кромки пожара полностью прекращается. Ширина

выжженной полосы 10 м позволяет остановить низовой лесной пожар любой интенсивности, а 200 м- остановить верховой лесной пожар. На рис. 5 представлены результаты работы устройства

Использование предлагаемого устройства позволит в 5 - 6 раз повысить производительность труда и эффективность тушения, поскольку, меняя посредством сегментного затвора количество подаваемого в пеногенератор воздуха, можно получать пену требуемой кратности, а применение жидкостного насоса с приводом от вала двигателя позволяет производить подачу пенообразующего состава в соответствии с расходом воздуха.

Список литературы

1. Симский А, М. Борьба с лесными пожарами с применением авиации, химии и наземных средств. М., «Лесная промышленность», Г964.
2. Курбатский Н. П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М., Гослесбумиздат, 1962.
3. Амосов Г. А. Основы и перспективы поисков новых химических средств тушения лесных пожаров М., изд-во АН СССР, 1953.
4. Лобербаум В. Г., Смирнова К. В. Пена для борьбы с лесными пожарами. «Лесное хозяйство», 1972, № 6.
5. Морозов Г. А. Из опыта применения на строительстве Красноярской ГЭС быстротвердеющей пены как утеплителя. М., изд. ВНИИГ, 1966.
6. Инструкция по применению, транспортировке, хранению и проверке качеств пенообразователей ПО-1, ПОЛА, ПЛ-1Д, М., изд. ВНИИПО, 1969.
7. Орловский С.Н. Устройство для прокладки пенных опорных полос при производстве отжига Патент на изобретение № 2710793 25.07.2019
8. Орловский С.Н. Устройство для тушения низового лесного пожара. Патент на изобретение № 2736 588. 15 05 2021

List of sources

1. Simsky A, M. Fighting forest fires using aviation, chemistry and ground facilities. M., "Forest industry", G964.
2. Kurbatsky N. P. Technique and tactics of extinguishing forest fires. M., Goslesbumizdat, 1962.
3. Amosov G. A. Fundamentals and prospects for the search for new chemical means of extinguishing forest fires. Moscow, publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1953.
4. Loberbaum V. G., Smirnova K. V. Foam for fighting forest fires. "Forestry", 1972, No. 6.
5. Morozov G. A. From the experience of using fast-hardening foam as a heater at the construction of the Krasnoyarskaya HPP. M., ed. VNIIG, 1966.
6. Instructions for the use, transportation, storage and quality control of foam concentrates PO-1, POLA, PL-1D, M., ed. VNIPO, 1969.
7. Orlovsky S.N. Device for laying foam support strips during annealing Patent for invention No. 2710793 07/25/2019
8. Orlovsky S.N. A device for extinguishing a grassroots forest fire. Patent for invention No. 2736 588. 15 05 2021

Информация об авторах

С.Н. Орловский - кандидат технических наук, доцент

Information about the author

S.N. Orlovsky- Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Статья поступила в редакция 17.10.2022; одобрена после рецензирования 24.11.2022; принята к публикации 21.12.2022.

The article was submitted 17.10.2022, approved after reviewing 24.11.2022, accepted for publication 21.12.2022.