

**Тушение лесных пожаров с использованием
температурно-активированной воды и левитирующей пены
Forest Fires Extinguishment by Means
of the temperature activated water and levitating foam**

Температурно-активированная вода - паро-капельная смесь, полученная в результате мгновенного перехода недогретой воды в область метастабильного состояния и последующего взрывного вскипания. Струи температурно-активированной воды могут быть использованы для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов.

Temperature activated water - is a vapour-drop mixture obtained as a result of instantaneous transition of underheated water into metastable condition with subsequent explosive boiling. Temperature activated water sprays can be used for extinguishing almost all types of combustible materials that don't react chemically with water when a great amount of heat or combustible gases is evolved.

Лесной пожар – неуправляемое (стихийное) горение, распространяющееся по лесной площади. Лесные пожары принято подразделять на низовые, верховые и подземные (торфяные, почвенные).

В России лесные пожары по видам распределяются следующим образом: низовые – составляют 98% от годового количества пожаров и охватывают 81,4% площади, верховые – 1,5% и охватывают 18,6% площади, почвенные – 0,5%, их площадь 0,02% .

Именно низовые пожары при большой площади и продолжительности горения, а также при ветре переходят в верховые. Наиболее сложны для обнаружения и тушения низовые беспламенные (тлеющие) пожары, которые могут длительное время развиваться в лесной подстилке или под корнями деревьев образуя локальные очаги с температурой 300-600 °С и более.

Скрытые очаги горения лесной подстилки и торфа могут успешно развиваться даже после проливки водой и присыпки грунтом или песком. Причем, проливка и присыпка могут на время не только скрыть видимые признаки подземных очагов, но и способствовать их развитию из-за уменьшения теплоотдачи в окружающую среду (воздух, грунт). После трех-четырех дней скрытого горения такие очаги приводят к повторным загораниям на территориях, которые уже считались потушенными. Практика тушения лесных пожаров в 2010 году является ярким подтверждением этого утверждения.

Например, в ходе работ по ликвидации очагов низовых пожаров в г. Сарове была использована тепловизионная установка (рис.1), позволяющая обнаруживать скрытые очаги горения. Было установлено, что отдельные участки поверхности без видимых следов горения имеют скрытые температурные области, нагретые до 350-400 °С, на некоторых участках температура доходила до 600-700 °С. Максимальные температуры наблюдались или под слоем песка, которым присыпались очаги горячей подстилки, или под корнями деревьев, особенно если корни деревьев были предварительно засыпаны песком или грунтом.



Рисунок 1 – Пожарный тепловизор Bullard T4E

Низкая эффективность ликвидации таких очагов проливкой водой или смесью воды и пенообразователя из пожарных стволов и водных насадков поливочных машин объясняется возникновением пузырькового или пленочного кипения воды (кризисами кипения). Именно из-за кризисов кипения воды на поверхности лесной подстилки или песка возникает паровая прослойка, которая в 300-600 раз увеличивает время испарения воды и препятствует проникновению воды в скрытый или прогоревший до поверхности лесной подстилки очаг.

Существенно улучшить эффективность тушения низовых пожаров позволяет использование автомобиля пожарного многоцелевого (АПМ) (рис. 2) с установкой получения температурно-активированной воды (ТАВ). Высокая эффективность тушения лесных пожаров струями ТАВ (рис. 3) и левитирующей пены (ТАВ, полученной из смеси недогретой воды с пенообразователем) объясняется тем, что за счет изменения структуры (строения кластеров) недогретой воды удается увеличить плотность теплового потока, отводимого кипящей жидкостью от теплообменной поверхности, которая ограничена предельной величиной – критической

плотностью теплового потока. Фактически при тушении пожаров ТАВ и левитирующей пеной повышение критической плотности теплового потока достигается за счет получения водной дисперсии наночастиц различного химического состава и объемной концентрации (наножидкости).



Рисунок 2 – АПИМ 3-2/40-1,38/100-100 (43118) мод. ПиРо3-МПЗ



Рисунок 3 – Тушение лесоторфяных пожаров с использованием ТАВ

Экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что даже очень малые объемные концентрации наночастиц в воде (от 0.001 до 0.1% объемной концентрации) приводят к существенному повышению критической плотности теплового потока. При этом теплофизические свойства воды с наночастицами (поверхностное натяжение, теплопроводность, вязкость, теплота парообразования, температура кипения) практически не отличаются от теплофизических свойств дисцилированной воды.

Сопоставление результатов работ по защите одного и того же лесного массива с использованием обычной тактики тотального пролива водой и с использованием выборочной обработки поверхности струями ТАВ или

левитирующей пеной показывает, что расход воды был уменьшен более чем в 10-ть раз. При этом качество обработки поверхности, исключающее повторные возгорания в местах, обработанных ТАВ, существенно выше.

Успешное тушение лесного пожара с использованием АПМ стало возможным за счет следующего.

1. Возможность самостоятельно, без привлечения другой техники ликвидировать лесные завалы и прокладывать проходы для прокладки рукавных линий. Для этого использовались электропилы, запитанные от щитка внешних потребителей АПМ. Обеспечивать внешние потребители электроэнергией позволяет мощная электросиловая установка, установленная на АПМ. Причем подавать ТАВ и обеспечивать работу внешних потребителей электроэнергии можно одновременно.

2. Возможность создавать водяной туман на высоте 15-20 метров в кронах высохших стоящих и поваленных деревьев и тем самым исключать (избегать) в местах работы АПМ возникновения верховых пожаров.

3. Принципиально важной оказалась также возможность осуществлять барботаж (перемешивание) струями ТАВ лесной подстилки, толщина которой в некоторых случаях достигала 30-50 см, и нагретой песчаной почвы. При подаче ТАВ количество воды, подаваемой на один кв. метр почвы может быть уменьшено в 10-ть и более раз.

Малая эффективность тушения лесной подстилки и охлаждения почвы с высокой температурой навесными и обычными компактными струями, подаваемыми от пожарных автоцистерн объясняется просто – на поверхности с температурой более 160 °С успевает образоваться паровая пробка, которая и препятствует проникновению воды к скрытым очагам или разогретой до температуры более 300 °С почве.

4. Возможность одновременной подачи струй ТАВ, струй левитирующей пены, струй ТРВ и компактных струй.

5. Возможность ликвидации очагов пожаров в лесных завалах и под корнями деревьев струями ТАВ без разборки и трелевки деревьев, а также подкапывания деревьев.

6. Использование АПМ, для ликвидации лесных пожаров показало высокую эффективность применения ТАВ как для локализации и тушения очагов с пламенным горением, так и для ликвидации тлеющих очагов лесной подложки, упавших деревьев, корневой системы устоявших деревьев и торфа.

7. Принципиальным фактором, предопределившим успешное использование АПМ, явилась возможность длительной автономной работы с одновременной подачей огнетушащих веществ (воды, пены низкой кратности, ТАВ и левитирующей пены) в течение не менее 40 минут без дозаправки водой и 6-ти часов без дозаправки дизельным топливом.

8. При разборе лесных завалов подгоревших деревьев для обеспечения продвижения АПМ и прокладке рукавных линий принципиально важной оказалась возможность работы от АПМ электрического механизированного инструмента (цепных и дисковых пил, аварийно-спасательного инструмента), а так же возможность освещения мест проведения работ.

9. Возможность прокладки рукавных линий диаметром не более 25 мм на расстояние более 200-250 метров позволила оперативно реагировать на возникающие в лесной чаще очаги пожаров без съезда АПМ с дороги.

(Справка. При прокладке сухотруба диаметром не более 25 мм-32 мм расстояние подачи ТАВ от АПМ может быть увеличено до 1000 метров.)

10. Наиболее эффективной оказалась подача левитирующей пены и ствола воды высокого давления для проливки скрытых очагов горения.