

С.В. Гундар, А.В. Подгрушный
РАСЧЁТ ТРЕБУЕМОГО РАСХОДА ВОДЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ
ПОЖАРОВ НА ОТКРЫТЫХ СКЛАДАХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

В настоящее время расчёты требуемого расхода воды (Q_{mp}) для ликвидации горения штабелей пиломатериалов на открытых складах рекомендуется выполнять по формулам [1]:

$$Q_{mp} = S_T \cdot I_{mp} = a \cdot h_t \cdot I_{mp} , \quad (1)$$

$$Q_{mp} = L \cdot H \cdot I_{mp} , \quad (2)$$

$$Q_{mp} = a \cdot (H + h_t) \cdot I_{mp} , \quad (3)$$

где S_T - площадь тушения, $м^2$;

I_{mp} - требуемая интенсивность подачи воды для тушения, $л/с \cdot м^2$
(принимается равной 0,45) [1];

a - длина фронта пожара, $м$;

h_t - глубина тушения ствола, $м$;

L - периметр пожара, $м$;

H - высота штабеля, $м$.

Для ручных стволов $h_t = 5-6 м$, для лафетных – $h_t = 10 м$, для стволов передвижных лафетных вышек и пожарных вездеходов $h_t = 15 м$, для гидромониторов $h_t = 25-30 м$.

Однако, в работе [1] не оговорены условия, для которых предназначена та или иная математическая зависимость.

В докладе делается попытка уточнить наиболее оптимальные условия применения указанных выше формул. Для этого с помощью формул (1), (2), (3) определим требуемый расход воды для ликвидации горения, например, одного штабеля пиломатериалов из группы горящих штабелей. Размеры штабеля в плане $8 \times 6,5 м$, высота штабеля изменяется от 2 до 12 $м$. Вода на тушение подаётся ручными стволами по длине штабеля.

Следовательно, $h_t = 5-6 м$; $a = L = 8 м$; $I_{mp} = 0,45 л/с \cdot м^2$; $H = 2-12 м$.

Подставив эти значения в формулы (1), (2), (3) при $H = 4 м$ и $h_t = 5 м$, получим

$$Q_{mp} = 8 \cdot 5 \cdot 0,45 = 18 л/с ,$$

$$Q_{mp} = 8 \cdot 4 \cdot 0,45 = 14,4 л/с ,$$

$$Q_{mp} = 8 \cdot (4 + 5) \cdot 0,45 = 32,4 л/с \text{ и т. д.}$$

Результаты расчётов по формулам (1), (2), (3) показаны на рисунке.

Если подойти к определению требуемого расхода воды, необходимого

для прекращения горения с условием, что вода полностью расходуется на прекращение горения ($Q_{тр}^{теор}$), то в условиях тушения пожара должно соблюдаться равенство

$$q_{отв} = q_{выд} \quad (4)$$

где $q_{отв} = Q_{тр}^{теор} \cdot q_{охл}^{уд}$;
(5)

$$q_{выд} = m \cdot q_n^2 \cdot a \cdot h_t ; \quad (6)$$

$q_{отв}$ - количество тепла, отводимое поданной водой в процессе тушения, кДж/с;

$q_{выд}$ - количество тепла, которое выделяется на пожаре, кДж/с;

$q_{охл}^{уд}$ - удельный эффект охлаждения (один литр воды, поданный на тушение, при полном её испарении и нагревании паров способен отнять 4400 кДж), кДж/л;

m - удельная массовая скорость выгорания древесины на пожаре, кг/(м²·с);

q_n^2 - низшая теплота горения древесины, кДж/кг (при сгорании 1 кг воздушно-сухой древесины выделяется 12500-14600 кДж).

Подставив выражения (5) и (6) в (4) и выполнив преобразования, получим:

$$Q_{тр}^{теор} = \frac{m \cdot q_n^2 \cdot a \cdot h_t}{q_{охл}^{уд}} . \quad (7)$$

С помощью формулы (7) определим $Q_{тр}^{теор}$ для горящего штабеля пиломатериалов из сосновой древесины. Размеры штабеля в плане 8×6,5 м. Плотность укладки штабеля ρ изменяется от 0,1 до 0,6. Высота штабеля – от 4 до 12 м. Вода на тушение подаётся ручными стволами с более протяженной стороны штабеля. Следовательно,

$$q_n^2 = 12500 - 14600 \text{ кДж/кг},$$

$$q_{охл}^{уд} = 4400 \text{ кДж/кг},$$

$$H = 4 - 12 \text{ м},$$

$$\rho = 0,1 - 0,6 ,$$

$$h_t = 5 \text{ м},$$

$$a = 8 \text{ м}.$$

При $H = 4 \text{ м}$ и $\rho = 0,1$) - $m = 0,0268 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ (см. табл.).

Подставив соответствующие значения в формулу (7), получим:

$$Q_{mp}^{теор} = \frac{0,0268 \cdot 14600 \cdot 8 \cdot 5}{4400} = 3,56 \text{ л/с и т.д.}$$

Результаты расчётов по формуле (7) показаны на рис. 1.

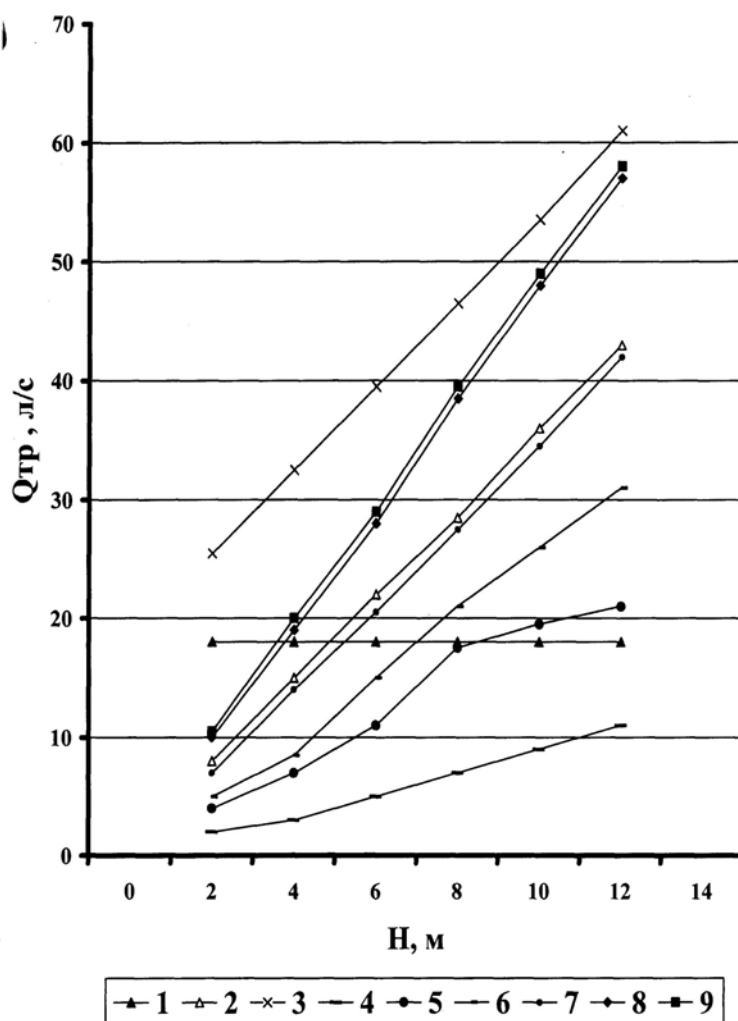


Рис. 1. Зависимости расходов на тушение горящего штабеля пиломатериалов от высоты штабеля и плотности его укладки:

1 - $Q_{mp} = a \cdot h_t \cdot I_{mp}$

2 - $Q_{mp} = L \cdot H \cdot I_{mp}$

3 - $Q_{mp} = a(H + h_t) \cdot I_{mp}$

4; 5; 6; 7; 8 и 9 - $Q_{теор}$ при плотности укладки штабелей
0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6 соответственно

Из рисунка следует, что расход воды на тушение пожара, при условии, что вода полностью расходуется на прекращение горения пиломатериалов, увеличивается с повышением плотности укладки и высоты штабеля.

Таблица

**Средняя скорость выгорания сосновой древесины в штабелях
пиломатериалов в период пламенного горения, $кг/м^2 \cdot с$**

Плотность укладки штабелей, ρ	Высота штабелей, $м$			
	4	6	8	12
0,1	0,0268	0,0403	0,054	0,0805
0,2	0,0573	0,086	0,146	0,172
0,3	0,062	0,111	0,175	0,24
0,4	0,107	0,161	0,215	0,322
0,5	0,143	0,215	0,287	0,43
0,6	0,146	0,218	0,291	0,437

Требуемый расход воды, определённые по выражению (1), может обеспечить ликвидацию горения штабелей:

№ п/п	Плотность укладки	Высота штабеля, $м$
1	0,1	До 12
2	0,2	До 6
3	0,3	До 4

Требуемый расход воды, определяемый по выражению (2) может обеспечить ликвидацию горения штабелей с плотностью укладки до 0,3 и высотой до 12 м.

Требуемый расход воды, определённый по выражению (3), может обеспечить ликвидацию горения штабелей с плотностью укладки до 0,4 и высотой до 12 м, с плотностью укладки до 0,6 и высотой до 4 м. Ликвидация горения штабелей с плотностью укладки 0,5-0,6 и высотой более 4 м может быть недостаточно успешной из-за незначительного резерва воды для компенсации её потерь.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что действующие в настоящее время рекомендации по тушению пожаров на открытых складах пиломатериалов [1] требуют доработки в части применения предложенных математических расчётов требуемого расхода воды.

По нашему мнению, это позволяет сократить при планировании и тушении неоправданные расходы воды для нужд пожаротушения.

Литература

1. Рекомендации по тушению пожаров на открытых складах лесоматериалов. -М.: ВНИИПО МВД России, 1995. –76 с.
2. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика. –М.: Стройиздат, 1984. – 592 с.