

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЛЕКТОРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ

Соловьев Д. А.¹, Карпова О. В.¹, Загоруйко М.Г.¹

¹ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия (4100056, г. Саратов, ул. Советская, 60), e-mail: sda@sgau.ru

В статье приведено обоснование использования водяной завесы для защиты людей и лесопожарной техники от воздействия лесного пожара. Предложено использовать для этой цели дефлекторные оросители кругового действия, устанавливаемый над машиной и образующие водяную завесу с перекрытием. Приведены результаты лабораторных исследований, определяющие параметры дефлекторных оросителей, применяемых на оборудовании водяной завесы. Важнейшим параметром оросителей, необходимым для проектирования установок, является интенсивность орошения защищаемой площади в зависимости от давления и высоты установки оросителя. От конструкции оросителя зависит площадь орошения. По мере повышения давления она может оставаться неизменной, уменьшаться или увеличиваться. Представлен большой объем полученного материала по результатам исследования в табличной форме и в виде графических зависимостей, позволяющий оценить использование оросителей с различными параметрами.

Ключевые слова: дефлекторные оросители, пожарная машина, оборудование, водяная завеса

RESEARCHES OF SPRINKLERS

Solovyov D. A.¹, Karpova O.V.¹, Zagoruiko M.G.¹

¹FGBOU VPO «Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov» Saratov, Russia (4100056, Saratov, street Sovetskaya 60), e-mail: sda@sgau.ru

The article describes the case of using a water curtain to protect people and equipment from the effects of forest fire. Proposed to use for this purpose sprinklers of circular action, established over car and forming a water curtain with overlapping. The results of laboratory researches determining parameters of the sprinklers applied on the equipment of a water curtain. The most important parameter of sprinklers necessary for design of installations, intensity of an irrigation of the protected area depending on pressure and height of installation of a sprinklers. From the design of sprinkler depends the irrigation area. With increasing of pressure, it may remain the same, increased or decreased. Presents a large amount of the material obtained according to the results of the study in tabular form and in the form of graphic dependences, allowing to estimate the use of sprinklers with different parameters.

Keywords: sprinkler, fire engine, equipment, water curtain

Широкое распространение в обеспечении пожарной безопасности находит применение водяных завес. Водяные завесы выполняют функции охлаждения и предотвращения распространения пожара и его опасных факторов, а также используются для обеспечения безопасных условий для эвакуации людей.

В целях обеспечения защиты техники и людей от воздействия лесных пожаров нами предлагается использовать водяную завесу на лесопожарной технике. Данное оборудование было установлено и внедрено на базе пожарной машины АЦ-40 в ОГУ «Вязовский учебно-опытный лесхоз» Саратовской области.

Основным составляющим элементом водяной завесы являются дефлекторные оросители кругового действия. Нами предложены дефлекторные оросители кругового действия для создания водяной завесы над пожарным автомобилем и проведены лабораторные исследования для определения конструктивно-технологических параметров

оросителей. Испытания оросителей проводились на базе гидротехнической лаборатории ВолжНИИГиМ.

Конструкция исследуемого дефлекторного оросителя кругового действия (рис. 1) представляет собой корпус 1 с коническим дефлектором 2, который установлен на двух ножках 3. Диаметр сопла применялся с диаметром от 4 до 6 мм. В нижней части корпуса оросителя выполнена коническая резьба, которая позволяет монтировать ороситель в водопроводящий трубопровод водяной завесы пожарной машины без дополнительной арматуры.

При определении расхода воды фиксировались следующие характеристики дефлекторного оросителя: диаметр, напор на входе струи, объем воды в мерном баке, время заполнения бака. Отбор воды производился специальным приспособлением. Данные замеров и результаты математической обработки приведены в таблице 1 [2]. Исследованиями установлено, что при увеличении диаметра оросителя с 4 до 6 мм и напора с 0,1 до 0,3 МПа расход воды увеличивается с 0,1 до 0,5 л/с. Среднее значение коэффициента расхода воды для дефлекторного оросителя диаметром: 4 мм – 0,925; 5 мм – 0,770; 6 мм – 0,820 (табл. 1).

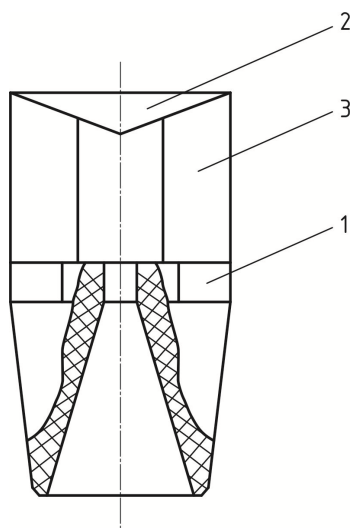


Рис. 1. Дефлекторный ороситель кругового действия:
1 — корпус, 2 — конический дефлектор, 3 — ножка

Таблица 1

Расход воды и коэффициент расхода дефлекторных оросителей

Диаметр сопла Д, мм	Напор Н, МПа	V, л	t, с	q, л/с	μ
4	0,15	54,0	149,0	0,362	0,746
4	0,35	54,3	176,6	0,307	0,920
4	0,25	54,6	121,1	0,451	0,770
4	0,22	55,5	135,0	0,411	0,700
4	0,24	55,0	142,0	0,387	0,631
4	0,20	54,6	128,0	0,426	0,760
5	0,10	54,9	147,0	0,373	0,666
5	0,20	55,2	147,5	0,374	0,667
5	0,21	55,2	111,5	0,495	0,863
5	0,22	55,0	123,0	0,447	0,80

5	0,15	55,0	142,5	0,385	0,794
6	0,16	55,1	119,0	0,463	0,924
6	0,16	55,0	145,0	0,379	0,757
6	0,20	54,1	114,0	0,474	0,846
6	0,17	54,4	134,0	0,405	0,785
6	0,21	55,5	109,0	0,509	0,887
6	0,20	54,5	122,0	0,447	0,800

Общее среднее значение коэффициента расхода воды для дефлекторных оросителей принимаем 0,838. Расходно-напорная характеристика дефлекторного оросителя представлена в виде графических зависимостей (рис. 2). Для расчета расхода воды через дефлекторные оросители при различных значениях диаметра и рабочего напора предлагается использовать следующее уравнение:

$$q = \frac{\mu \cdot D^2 (H)^{0.5}}{287.595} = \frac{D^2 \cdot H^{0.5}}{343}, \quad (1)$$

где: D – диаметр сопла, мм; H – напор на выходе струи, мм вод. ст.

В результате исследований дефлекторных оросителей кругового действия установлено, что радиус захвата орошения зависит в основном от диаметра сопла, напора перед оросителем и от высоты его установки над поверхностью земли (табл. 1, рис. 3).

Максимальный радиус захвата дефлекторного оросителя при изменении диаметра сопла от 4 до 6 мм при напоре 0,3 МПа составляет 3,2–5,5 м. Обработкой экспериментальных данных получено уравнение для определения радиуса захвата оросителя R , установленного на высоте 3,0 м от поверхности земли:

$$R = H / (0,21 + H/D \cdot 1,091). \quad (2)$$

Коэффициент парной корреляции данного уравнения равен 0,87. При снижении высоты установки дефлекторных оросителей радиус захвата уменьшается.

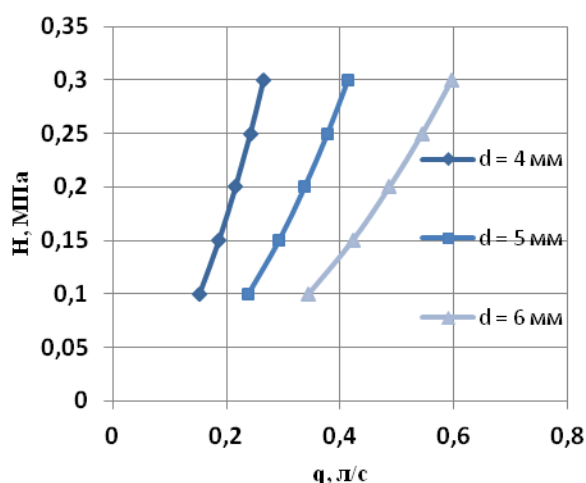


Рис.2. Расходно-напорная характеристика дефлекторного оросителя кругового действия

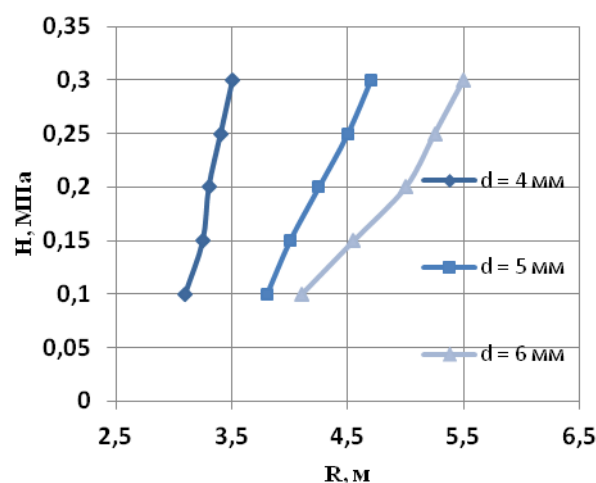


Рис.3. Радиус захвата R дефлекторного оросителя в зависимости от диаметра сопла D и напора перед оросителем H при высоте установки 3,0 м

Уравнение для определения коэффициента уменьшения от высоты установки дефлекторной насадки имеет вид:

$$K = 0,86 + 0,06 h, \quad (3)$$

где h – высота установки дефлекторного оросителя, м, $[0,6 < h < 3,0]$.

Средняя мгновенная интенсивность на площади орошения дефлекторного оросителя с соплом 4–6 мм находится в пределах 0,28–0,46 мм/мин (табл. 2).

Таблица 2

Радиус захвата (R) и мгновенная интенсивность орошения (ρ) при использовании оросителя в зависимости от диаметра сопла (D) и напора перед насадкой (H)

D , мм	H , МПа	q , л/с	R , м	ρ , мм/мин
4	0,1	0,153	3,2	0,285
4	0,15	0,187	3,22	0,344
4	0,2	0,216	3,25	0,390
4	0,25	0,242	3,27	0,432
4	0,3	0,265	3,3	0,465
5	0,1	0,239	3,8	0,316
5	0,15	0,293	4,0	0,349
5	0,2	0,338	4,2	0,365
5	0,25	0,378	4,45	0,366
5	0,3	0,414	4,7	0,358
6	0,1	0,344	4,1	0,391
6	0,15	0,422	4,8	0,350
6	0,2	0,487	5,0	0,372
6	0,25	0,545	5,25	0,376
6	0,3	0,597	5,5	0,377

Исходя из размеров исследуемой лесопожарной машины (6,55x2,36 м), схемы расстановки оросителей, характеристик оросителей определяли площадь водяной завесы (рис. 4).

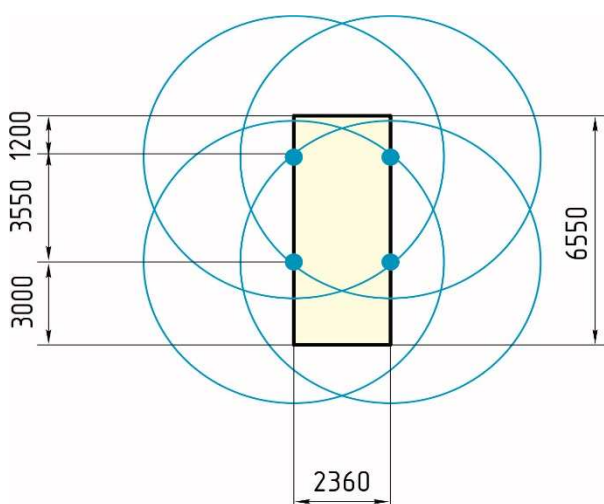


Рис. 4. Площадь водяной завесы вокруг пожарной машины

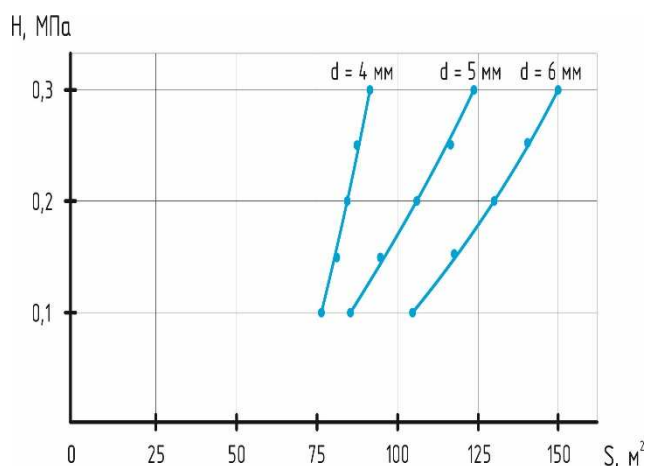


Рис. 5. Площадь водяной завесы в зависимости от диаметра сопла (D) и рабочего напора (H)

При использовании дефлекторного оросителя с диаметром сопла $D=4$ мм и при рабочем напоре $H=0,2$ МПа радиус захвата составит 3,2 м, а площадь водяной завесы будет

равна 90 м². Изменение площади завесы в пределах 75–150 м² в зависимости от диаметра сопла (D) и рабочего напора представлено на рисунке 5.

Исследования показали, что дефлекторные оросители кругового действия диаметром сопла 4–6 мм обеспечивают устойчивое перекрытие оросителей и образуют сплошную водяную завесу, а также в некоторых участках — завесу с двойным перекрытием.

Распределение нормированного слоя дождя (h_i/h_{cp}) вдоль радиуса захвата оросителя в зависимости от диаметра и напора приведено в таблице 3 и представлено на рисунках 6, 7. С увеличением напора распределение слоя дождя вдоль радиуса захвата становится более равномерным [5].

По нормированным данным распределения слоя воды водяной завесы определяем значения γ и η (табл. 4). При небольшом напоре $H = 0,06–0,10$ МПа и при отношении $H/D=0,01–0,016$ МПа/мм струя слабо распадается на капли, и основная масса воды выпадает в конце радиуса захвата орошения. Значения параметров изменяются в следующих пределах: $\gamma = 3,0–4,0$ и $\eta = 1,8–2,0$.

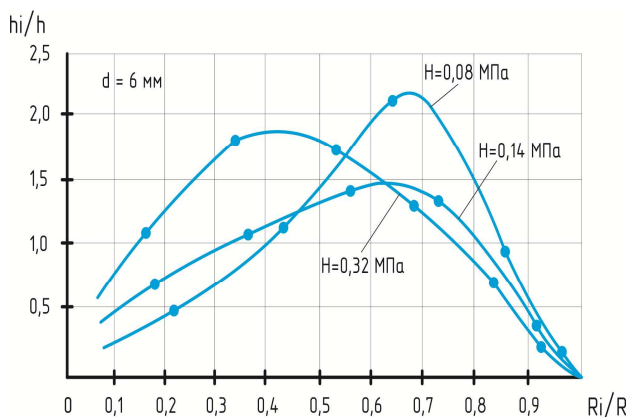


Рис. 6. Распределение нормированного слоя воды вдоль относительного радиуса оросителя кругового действия (D=6 мм)

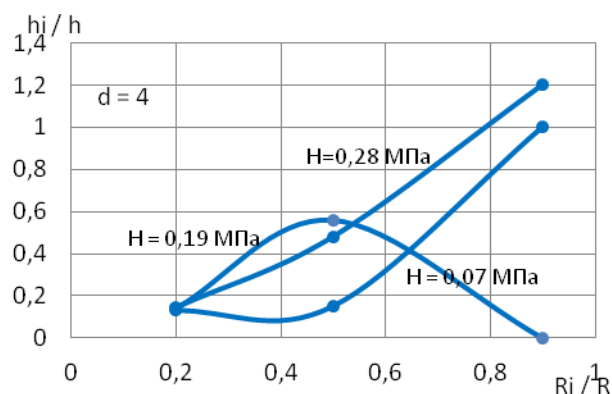


Рис. 7. Распределение нормированного слоя воды вдоль относительного радиуса оросителя кругового действия (D=4 мм)

При большом напоре $H = 0,15–0,50$ МПа и при соотношении $H/D = 0,025–0,080$ МПа/мм струя распадается на мелкие капли и более равномерно распределяется вдоль радиуса захвата оросителя.

Таблица 3

Нормированное распределение слоя капель вдоль радиуса захвата дождем оросителя и расчетные значения коэффициентов γ и η бета-распределения

X_i/R	h_i/h							
	D=6 мм			D=4 мм			D=5 мм	
	H=0,08 МПа	H=0,14 МПа	H=0,32 МПа	H=0,07 МПа	H=0,19 МПа	H=0,28 МПа	H=0,06 МПа	H=0,12 МПа
0,05	0,12	0,20	0,30	0,10	0,95	0,55	0,22	0,36
0,15	0,38	0,60	1,05	0,45	0,91	0,86	0,36	0,48
0,25	0,66	0,90	1,54	0,80	1,11	1,24	0,58	0,74
0,35	0,93	1,15	1,81	1,15	1,39	1,65	0,96	1,15

0,45	1,25	1,30	1,76	1,50	1,52	1,70	1,60	1,55
0,55	1,74	1,48	1,60	1,60	1,54	1,71	2,14	1,80
0,65	2,19	1,40	1,36	1,06	1,39	1,64	2,20	2,20
0,75	1,60	1,35	1,10	1,40	1,0	1,0	1,85	1,90
0,85	0,91	0,75	0,60	0,50	0,50	0,40	1,10	0,95
0,95	0,20	0,20	0,10	0,20	0,04	0,02	0,10	0,10
γ	2,817	2,190	2,020	2,970	1,635	1,640	3,0	1,870
η	2,040	2,0	2,370	2,710	2,050	1,950	2,220	1,569
X_{50}	0,636	0,544	0,428	0,535	0,377	0,403	0,606	0,605

Таблица 4

Коэффициенты γ и η бета-распределения и относительный радиус $(X_i/R)_{50}$, в зависимости от конструктивных и технологических параметров дефлекторных оросителей кругового действия

Д, мм	Н, МПа	Н/Д, МПа/мм	Коэффициенты		$(X_i/R)_p$	$(X_i/R)_{50}$
			γ	η		
6	0,08	0,013	2,81	2,04	0,580	0,605
6	0,14	0,023	2,19	2,0	0,520	0,580
6	0,326	0,054	2,02	2,37	0,460	0,510
5	0,075	0,009	2,97	2,71	0,520	0,60
5	0,195	0,024	1,64	2,04	0,440	0,50
5	0,285	0,036	1,64	1,95	0,450	0,520
4	0,060	0,006	2,99	2,22	0,560	0,60
4	0,12	0,120	1,87	1,56	0,540	0,60
4	0,18	0,180	2,12	2,06	0,508	0,570

Значения параметров $\gamma=2,0-2,5$ и $\eta=2,5-2,7$. Лучшую равномерность орошения дефлекторные оросители имеют при $H=0,10-0,25$ МПа и $H/Д=0,015-0,025$ МПа/мм. Расчеты показывают, что над пожарной машиной и вокруг нее образуется устойчивая водяная завеса с двойным перекрытием оросителей и с максимальной интенсивностью орошения в зонах А и Б, которые расположены по бокам, спереди и сзади от машины (рис. 8).

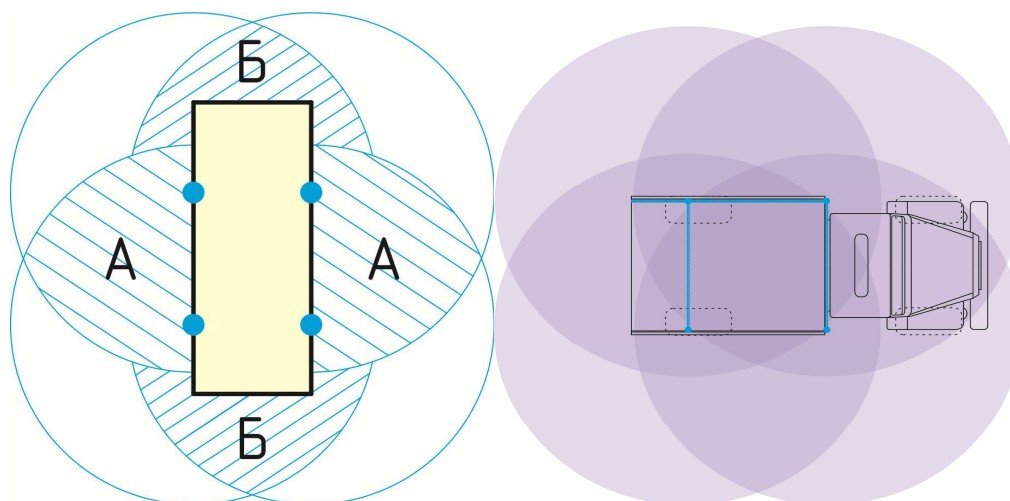


Рис.8. Наложение слоя дождя вокруг машины пожарной

Таким образом, исследования показывают, что применение дефлекторных оросителей кругового действия формирует сплошную водяную завесу с максимальной интенсивностью над пожарной машиной, которая постепенно уменьшается к краям завесы. Кроме того, возле машины будут образовываться дополнительные водяные потоки, которые стекают с металлических частей машин.

Список литературы

1. Зажигаев Л.С. Методика планирования и обработка физического эксперимента – М.: Атомиздат, 1978. – 170 с.
2. Карманов В.Г. Математическое программирование / В. Г. Карманов. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
3. Мешман Л.М., Цариченко С.Г., Былинкин В.А., Алешин В.В., Губин Р.Ю. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения /Под ред. Н.П. Копылова. — М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2002. — 413 с.
4. Мешман Л.М., Цариченко С.Г., Былинкин В.А. и др. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / Под ред. Н.П. Копылова. — М.: ВНИИПО, 2002. — 315 с.
5. Невзоров В.В. Качественная оценка равномерности распределения искусственного дождя / труды Туркменского СХИ. – 1978. – Т. 21. — Вып. 2. — С. 31–39.

Рецензенты:

Фокин С.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Лесное хозяйство и лесомелиорация», ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», г. Саратов;

Панкратов В.М., д.т.н., профессор, заместитель директора «Института проблем точной механики и управления РАН», г. Саратов.