

Научная статья

УДК 614.844.1; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-175-184

ОГНЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОБИЛЬНОЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

✉ **Сытдыков Максим Равильевич;**

Шилов Александр Геннадьевич;

Брусянин Дмитрий Владимирович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ sydykov@igps.ru

Аннотация. Для оценки эффективности полноразмерной мобильной универсальной установки пожаротушения проведены огневые испытания разработанного макета экспериментальной мобильной универсальной установки пожаротушения с учетом требований национальных стандартов, которые определили выбор диапазона рабочего давления и диаметров насадок. Получены численные значения продолжительности подачи, длины струи и скорости истечения огнетушащего вещества из сосуда макета мобильной универсальной установки пожаротушения от диаметров насадок с изменением давления. Результаты показали, что продолжительность подачи и длина струи огнетушащего вещества, независимо от диаметров насадок, зависят от давления, а расход и скорость истечения огнетушащего вещества зависят и от диаметров насадок, и от давления. Определена связь между параметрами макета и его огнетушащей способностью, что подтверждает заявленные возможности его рабочего цикла.

Ключевые слова: испытания, мобильная установка, универсальная установка пожаротушения, эффективность, огнетушащее вещество

Для цитирования: Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., Брусянин Д.В. Огневые испытания мобильной универсальной установки пожаротушения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 175–184. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-175-184.

Scientific article

FIRE TESTS OF A MOBILE UNIVERSAL FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

✉ **Sydykov Maksim R.;**

Shilov Alexander G.;

Brusyanin Dmitry V.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ sydykov@igps.ru

Abstract. To assess the effectiveness of a full-size mobile universal fire extinguishing system, fire tests of the developed layout of an experimental mobile universal fire extinguishing system were carried out, taking into account the requirements of national standards, which determined the choice of the operating pressure range and nozzle diameters. Numerical values of the duration of the supply, the length of the jet and the rate of discharge of fire extinguishing agent from the vessel of the layout of a mobile universal fire extinguishing system from the diameters of the nozzles with a change in pressure are obtained. The results showed that the duration of the supply and the length of the jet of fire extinguishing agent, regardless of the diameters of the nozzles, depend on the pressure, the flow rate and outflow rate of fire extinguishing agent depend on both the diameters of the nozzles and the pressure. The relationship between the parameters of the layout and its extinguishing capacity has been determined, which confirms the declared capabilities of its working cycle.

Keywords: tests, mobile installation, universal fire extinguishing installation, efficiency, extinguishing agent

For citation: Sytdykov M.R., Shilov A.G., Brusyanin D.V. Fire tests of a mobile universal fire extinguishing system // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 4 (68). P. 175–184. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-175-184.

Введение

Для подтверждения заявленных возможностей рабочего цикла разработанного макета экспериментальной мобильной универсальной установки пожаротушения (УУПТ) [1–2], определения связи между его параметрами [3] и огнетушащей способностью [4], а также оценки его эффективности поставлена задача по определению продолжительности подачи, длины струи и скорости истечения огнетушащего вещества (ОТВ). Для решения данной задачи проведена серия натурных испытаний макета с различными насадками по диаметру и значениями давления и использованием таких видов ОТВ, как вода [5] и огнетушащий порошок. Рабочее давление выбрано на основе анализа национальных стандартов [6–7] и тактико-технических характеристик компрессорной установки в диапазоне от 0,5 до 1,0 МПа с шагом в 0,1 МПа, диаметры насадок – 6, 8, 10 мм.

Экспериментальная часть

В ходе проведения огневых испытаний макета экспериментальной мобильной УУПТ получены данные по продолжительности подачи, длины струи и скорости истечения ОТВ из сосуда макета мобильной УУПТ от диаметров насадок с изменением давления. Численные значения занесены в протоколы испытаний в соответствии с ГОСТ 16504–81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения», ГОСТ 24026–80 «Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения» [8–10], которые представлены на рис. 1, 2 (при давлении 0,5 МПа).

Протокол испытаний универсальной установки пожаротушения от 17.09.2020												
Цель: определение продолжительности и длины струи подачи ОТВ												
Погодные условия: t воздуха +10°C; скорость ветра - 4 м/с, направление – восток; давление - 765 мм рт. ст., влажность – 49%												
Характеристики УУПТ: масса ОТВ – 2 кг, подаваемое давление для перемещения эластичного разделителя – 0,5 МПа												
Условный номер заправки УУПТ	Состав заряда УУПТ, % _{мас}	Прямые измерения величин							Косвенные измерения величин			
		Расстояние от сопла до мольного очага, м	Угол наклона порошкового потока к поверхности земли, град.	Диаметр насадки, мм	Масса ОТВ			Длина струи, м	Продолжительность подачи ОТВ, необходимого для тушения мольного очага пожара, с	Подача ОТВ, кг/с	Скорость истечения, м/с	Концентрация порошка в струе, кг/кг
					До испытаний, кг	После испытаний, кг	После испытаний, %					
1.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	6	2,000	0,451	22,55	5,82	22,20	0,090	4,552	121,212
2.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	6	2,002	0,429	21,43	5,93	21,90	0,091	4,619	111,844
3.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	6	2,001	0,419	20,94	5,86	21,30	0,094	4,747	128,269
4.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	6	2,000	0,427	21,35	5,96	20,90	0,096	4,835	123,457
5.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	6	2,003	0,414	20,67	5,78	21,40	0,094	4,729	127,580
6.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	8	2,002	0,401	20,03	6,83	18,20	0,110	3,126	123,580
7.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	8	2,000	0,392	19,60	6,92	18,40	0,109	3,089	121,212
8.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	8	2,002	0,381	19,03	6,88	19,10	0,105	2,979	108,804
9.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	8	2,001	0,417	20,84	6,98	17,90	0,112	3,177	109,945
10.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	8	2,000	0,403	20,15	6,93	18,30	0,109	3,106	110,497
11.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	10	2,002	0,302	15,08	7,92	15,08	0,136	2,477	108,804
12.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	10	2,000	0,312	15,60	8,05	15,60	0,141	2,562	114,286
13.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	10	2,002	0,287	14,34	8,02	14,34	0,137	2,494	111,844
14.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	10	2,001	0,283	14,14	7,96	14,14	0,128	2,333	111,788
15.	100% Вексон-ABCE	н/д	30	10	2,000	0,315	15,75	7,92	15,75	0,132	2,393	114,286

Рис. 1. Протокол испытания макета мобильной УУПТ на порошке

Протокол испытаний универсальной установки пожаротушения от 22.08.2022									
Цель: определение продолжительности и длины струи подачи ОТВ									
Погодные условия: t воздуха +22°C; скорость ветра - 4 м/с, направление – юг; давление - 765 мм рт. ст., влажность – 56%									
Характеристики УУПТ: масса ОТВ – 2 кг, подаваемое давление для перемещения эластичного разделителя – 0,5 МПа									
Прямые измерения величин							Косвенные измерения величин		
Условный номер заправки УУПТ	Состав заряда УУПТ, % _{max}	Расстояние от сопла до модельного очага, м	Угол наклона к поверхности земли, град.	Диаметр насадки, мм	Масса ОТВ до испытаний, л	Длина струи, м	Продолжительность подачи ОТВ, необходимая для тушения модельного очага пожара, с	Получа ОТВ, кг/с	Скорость истечения, м/с
1.	100% Вода	н/д	30	6	2,000	6,31	23,90	0,084	2,960
2.	100% Вода	н/д	30	6	2,000	5,97	23,10	0,087	3,062
3.	100% Вода	н/д	30	6	2,000	6,29	22,60	0,088	3,130
4.	100% Вода	н/д	30	6	2,000	5,56	22,10	0,090	3,201
5.	100% Вода	н/д	30	6	2,000	6,19	22,50	0,089	3,144
6.	100% Вода	н/д	30	8	2,000	7,18	19,90	0,101	1,999
7.	100% Вода	н/д	30	8	2,000	7,36	19,40	0,103	2,051
8.	100% Вода	н/д	30	8	2,000	6,78	20,30	0,099	1,960
9.	100% Вода	н/д	30	8	2,000	7,44	18,70	0,107	2,128
10.	100% Вода	н/д	30	8	2,000	6,65	19,70	0,102	2,020
11.	100% Вода	н/д	30	10	2,000	7,57	14,10	0,142	1,806
12.	100% Вода	н/д	30	10	2,000	8,44	14,30	0,140	1,781
13.	100% Вода	н/д	30	10	2,000	7,57	14,60	0,137	1,744
14.	100% Вода	н/д	30	10	2,000	7,91	15,50	0,129	1,643
15.	100% Вода	н/д	30	10	2,000	8,16	15,10	0,132	1,686

Рис. 2. Протокол испытания макета мобильной УУПТ на воде

Для графической и математической обработки полученных результатов в таблице представлены средние значения измеряемых величин по данным протоколам испытаний при выбранном диапазоне давления и диаметров насадок.

Таблица

Средние значения измеряемых величин

Давление, МПа	Диаметр насадки, мм																	
	6			8			10			6			8			10		
	Среднее время подачи ОТВ, с			Расход ОТВ, кг/с			Длина струи ОТВ, м			Скорость истечения ОТВ, м/с								
По воде																		
0,5	22,84	19,60	14,72	0,088	0,102	0,136	6,0	7,1	7,9	3,099	2,032	1,732						
0,6	19,74	15,96	12,02	0,101	0,125	0,167	6,3	8,2	8,6	3,588	2,496	2,124						
0,7	17,90	14,38	10,58	0,112	0,139	0,190	7,6	8,6	9,6	3,953	2,774	2,417						
0,8	14,82	11,76	8,78	0,135	0,170	0,228	8,5	9,6	11,1	4,781	3,387	2,909						
0,9	11,38	10,30	7,16	0,176	0,195	0,279	8,9	10,6	11,7	6,221	3,874	3,557						
1,0	9,94	8,10	6,30	0,202	0,247	0,318	10,1	11,6	12,8	7,131	4,913	4,047						
По порошку																		
0,5	21,54	18,38	14,86	0,092	0,108	0,136	6,0	7,0	8,0	4,696	3,098	2,45						
0,6	18,42	14,76	11,82	0,108	0,136	0,17	6,5	8,0	8,5	5,5	3,854	3,086						
0,7	16,36	12,24	9,42	0,122	0,166	0,214	7,0	8,5	9,0	6,186	4,652	3,872						
0,8	10,86	7,92	7,06	0,186	0,252	0,282	8,0	9,0	10,0	9,318	7,186	5,158						
0,9	8,26	6,44	6,14	0,242	0,31	0,328	8,5	9,5	10,5	12,242	8,844	5,948						
1,0	7,2	5,9	5,54	0,278	0,34	0,364	9,0	10,5	11,0	14,052	9,642	6,586						

На рис. 3–6 представлены зависимости величин (таблица) от давления в сосуде.

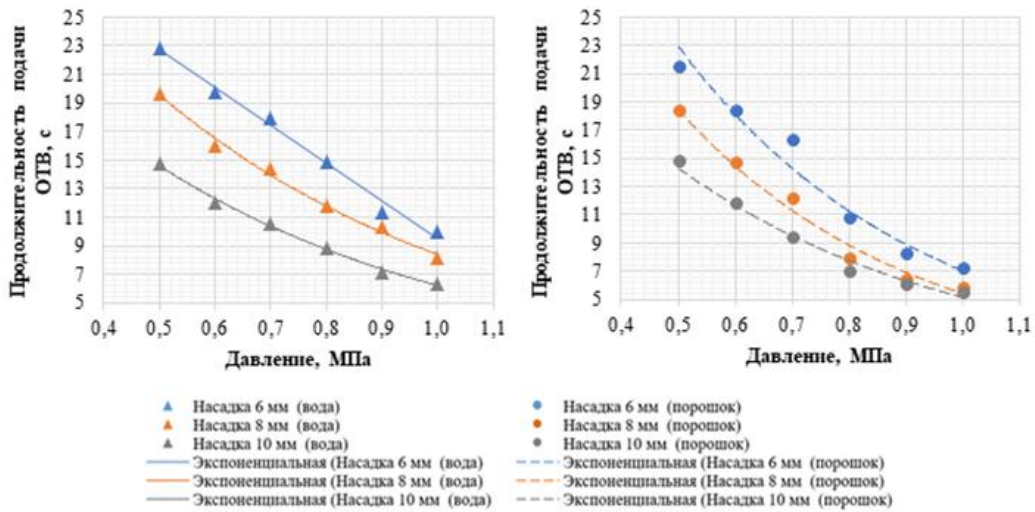


Рис. 3. Зависимость продолжительности подачи ОТВ от давления в сосуде

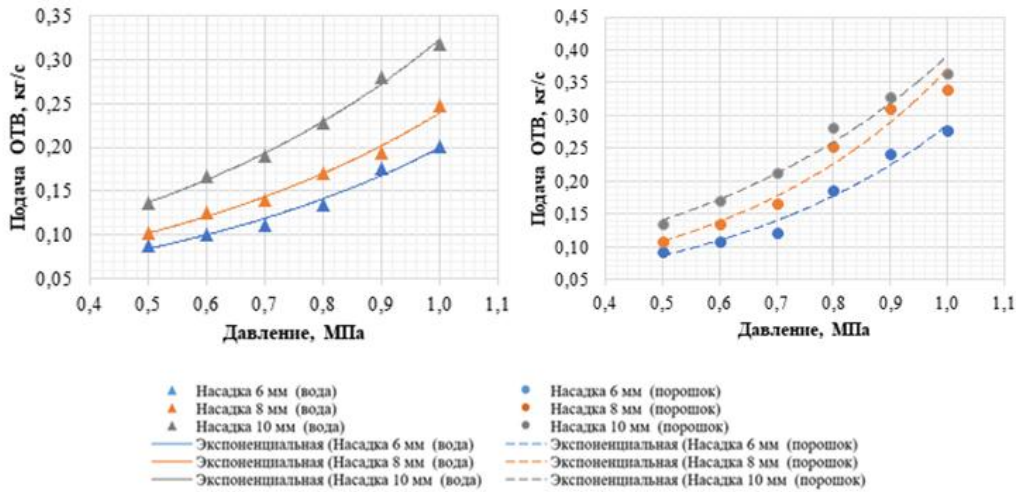


Рис. 4. Зависимость расхода ОТВ от давления в сосуде

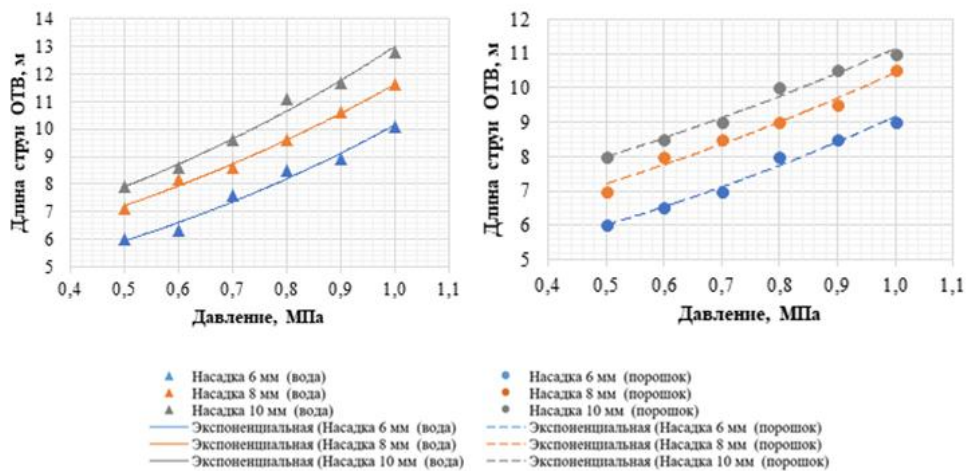


Рис. 5. Зависимость длины струи ОТВ от давления в сосуде

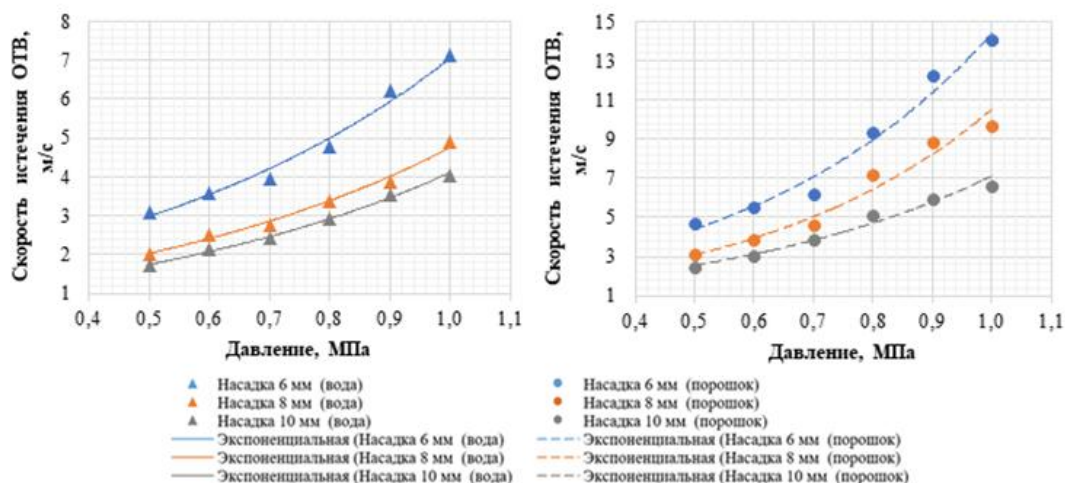


Рис. 6. Зависимость скорости истечения ОТВ от давления в сосуде

Представленные на рис. 3–6 данные показывают, что:

- продолжительность подачи ОТВ из сосуда макета УУПТ, независимо от диаметров насадок, с возрастанием давления уменьшается по экспоненте;
- подача ОТВ из сосуда макета УУПТ с возрастанием давления увеличивается с изменением от меньшего диаметра насадка к большему от экспоненциальной к линейной зависимости соответственно;
- длина струи ОТВ, независимо от диаметра насадок, с возрастанием давления увеличивается линейно;
- скорость истечения ОТВ из сосуда макета УУПТ с возрастанием давления увеличивается с изменением от меньшего диаметра насадка к большему от экспоненциальной к линейной зависимости соответственно.

Математическая обработка экспериментальных данных

Правильность выбора модели идеального вытеснения [2, 3] подтверждена проведением серии испытаний, благодаря которым определен остаток ОТВ в процентном соотношении. Он оказался ниже максимально допустимого значения при давлении вытеснения от 0,6 МПа, а в некоторых случаях не превышает 2 % от общего количества при условии увеличения давления до 1 МПа и поддержании отношения $0 < D_L/uL \leq 1$.

Для обработки массива полученных данных применен корреляционный анализ. Численные значения остатка ОТВ по результатам огневых испытаний представлены в виде поля корреляции (рис. 7), где по оси ординат индивидуальные значения времени, затраченного на тушение модельного очага пожара (МОП) Y , а по оси абсцисс – значения факторного признака в виде остатка ОТВ X .

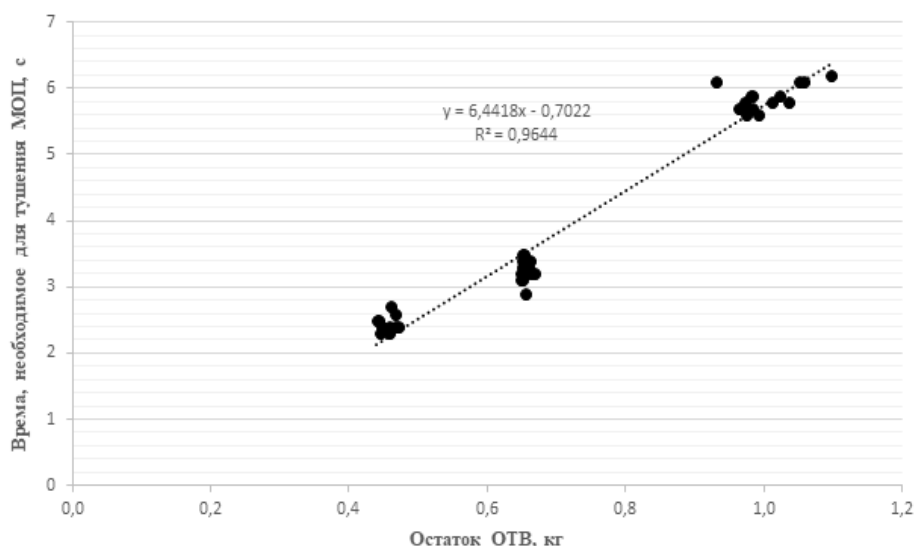


Рис. 7. Поле корреляции на основе результатов огневых испытаний УУПТ

Представленное на рис. 7 поле корреляции позволяет выдвинуть гипотезу о линейном характере связи между значениями параметров времени, затраченного на тушение МОП Y , и остатка ОТВ X .

По наблюдениям X_i и Y_i , используя метод наименьших квадратов (МНК), получены оценки параметров a и b для уравнения линейной регрессии.

На основе данных огневых испытаний и проведенных расчетов получена система нормальных уравнений (1):

$$\begin{cases} 39a + 28,763b = 32,200 \\ 28,763a + 23,182b = 129,136 \end{cases} \quad (1)$$

Решив систему уравнений (1), получили эмпирические коэффициенты регрессии $a = -0,7022$ и $b = 6,4418$, при которых уравнения линейной регрессии имеет вид:

$$y = 6,4418x - 0,7022.$$

Для дальнейшего анализа определены следующие параметры [11]:

- выборочные средние (2), (3) и (4);
- выборочные дисперсии (5), (6);
- среднеквадратическое отклонение (7), (8).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i n_i = \frac{28,763}{39} = 0,738; \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i n_i = \frac{157,9}{39} = 4,049; \quad (3)$$

$$\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = \frac{129,14}{39} = 3,311; \quad (4)$$

$$S^2(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 = \frac{23,18}{39} - 0,738^2 = 0,0505; \quad (5)$$

$$S^2(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{y}^2 = \frac{724,01}{39} - 4,049^2 = 2,170; \quad (6)$$

$$S(x) = \sqrt{S^2(x)} = \sqrt{0,0505} = 0,225; \quad (7)$$

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = \sqrt{2,17} = 1,474. \quad (8)$$

Рассчитанные значения позволяют определить ковариацию (9) и тесноту связи (10). Показателем тесноты связи является выборочный линейный коэффициент корреляции:

$$\text{cov}(x, y) = \overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y} = 3,311 - 0,738 \cdot 4,049 = 0,330; \quad (9)$$

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{0,33}{0,225 \cdot 1,474} = 0,982. \quad (10)$$

Связь между признаком Y и фактором X весьма высокая и прямая. Благодаря выдвинутым гипотезам определено наблюдаемое значение величины случайной ошибки (11):

$H_0: r_{xy} = 0$, нет линейной взаимосвязи между переменными;

$H_1: r_{xy} \neq 0$, есть линейная взаимосвязь между переменными.

$$t_{\text{набл.}} = r_{xy} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} = 0,982 \frac{\sqrt{37}}{\sqrt{1-0,982^2}} = 31,637. \quad (11)$$

При заданном значении уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $k = n - 2 = 37$ определена критическая точка $t_{\text{крит.}}$ двусторонней критической области (12):

$$t_{\text{крит.}} \left(n - m - 1; \frac{\alpha}{2} \right) = t_{\text{крит.}}(37; 0,025) = 2,329, \quad (12)$$

где $m = 1$ – количество объясняющих переменных.

Так как $|t_{\text{набл.}}| > t_{\text{крит.}}$, гипотеза о равенстве нулю коэффициента корреляции отклоняется, при этом коэффициент корреляции статистически – значим.

Для оценки качества уравнения регрессии использованы ошибки абсолютной аппроксимации (13):

$$\bar{A} = \frac{\sum |y_i - y_x| : y_i}{n} 100 \% = \frac{2,485}{39} 100 \% = 6,37 \%. \quad (13)$$

Данное значение ошибки аппроксимации отражает качественное определение уравнения регрессии (3) к представленным исходным данным (таблица), поскольку $\bar{A} < 7 \%$ и может быть использовано в качестве регрессионного.

Определены несмещенная оценка дисперсионных возмущений или дисперсия ошибки регрессии (14) и стандартная ошибка оценки (15), также найдены значения стандартного отклонения случайной величины a (16) и b (17) соответственно:

$$S^2 = \frac{\sum (y_i - y_x)^2}{n - m - 1} = \frac{3,02}{37} = 0,0816; \quad (14)$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0816} = 0,29; \quad (15)$$

$$S_a = S \frac{\sqrt{\sum x^2}}{nS(x)} = 0,29 \cdot \frac{\sqrt{23,18}}{37 \cdot 0,225} = 0,157; \quad (16)$$

$$S_b = \frac{s}{\sqrt{ns(x)}} = \frac{0,129}{\sqrt{39 \cdot 0,225}} = 0,204. \quad (17)$$

Проведена проверка значимости модели регрессии с применением F-критерия Фишера и определен коэффициент детерминации (18), отражающий существенность уравнения линейной регрессии в целом:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - y_x)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{3,02}{84,72} = 0,9644. \quad (18)$$

Средняя ошибка аппроксимации, которая характеризует адекватность регрессионной модели, составляет 6,37 %.

Для оценки статистической значимости парной линейной регрессии выдвинута нулевая гипотеза, утверждающая, что уравнение в целом статистически независимо: $H_0: R^2 = 0$ при $\alpha=0,05$, а также определены фактические значения F-критерия (19):

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = \frac{0,9644}{1-0,9644} \cdot \frac{39-1-1}{1} = 1000,470, \quad (19)$$

где $m = 1$ для парной регрессии.

Табличное значение критерия Фишера со степенями свободы $k_1 = (m) = 1$ и $k_2 = (n - m - 1) = 8$, $F_{\text{табл}} = 4,08$. Поскольку $F > F_{\text{табл}}$, то коэффициент детерминации статистически значим, то есть найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна.

Заключение

Линейный характер связи между значениями параметров времени, затраченного на тушение МОП, Y и остатка ОТВ X присутствует и значим. Установлено, что в исследуемой ситуации 96,44 % общей вариабельности Y объясняется изменением X . Полученные оценки уравнения регрессии позволяют использовать его для прогноза. При $X=0,05$ Y будет находиться в пределах от $-0,7200$ до $-0,0371$ единиц измерения и с вероятностью 95 % не выйдет за эти пределы.

Полученные в ходе натурных испытаний макета экспериментальной мобильной УУПТ данные подтвердили заявленные возможности его рабочего цикла, позволили определить связи между его параметрами и огнетушащей способностью. Для оценки эффективности макета и полноразмерной УУПТ, основываясь на численных значениях продолжительности подачи, длины струи и скорости истечения ОТВ из сосуда макета, необходимо провести моделирование тушения МОП класса А в Fire Dynamics Simulator.

Список источников

1. Универсальная установка пожаротушения: пат. RU 195837 U1 Рос. Федерация: МПК А62С 13/00 / Кожевин Д.Ф., Поляков А.С.; Сытдыков М.Р., Шилов А.Г.; заявитель и патентообладатель Кожевин Д.Ф., Поляков А.С.; Сытдыков М.Р., Шилов А.Г. № 2019130908; заявл. 30.09.2019; опубл. 06.02.2020, Бюл. № 4. URL: <https://goo-gl.ru/6lMr> (дата обращения: 16.05.2023).

2. Шилов А.Г. Требования к макету экспериментальной универсальной установки пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 1 (61). С. 171–180. EDN VTNTRN.

3. Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., Копкин Е.В. Определение гидродинамических характеристик экспериментальной универсальной установки для тушения пожаров

на транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 145–152. EDN TBSSYT.

4. Абдурагимов И.М. О механизме огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 4. С. 60–82.

5. Мешалкин Е.А., Шевченко П.М. Состояние и перспективы разработок изделий для тушения пожаров тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 1. С. 68–75. EDN KNTZVV.

6. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200027410> (дата обращения: 21.08.2023).

7. ГОСТ Р 51017–2009. Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071946?ysclid=ln2rcbyuyy359284763> (дата обращения: 21.08.2023).

8. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16504-81> (дата обращения: 23.08.2023).

9. ГОСТ 24026–80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009493> (дата обращения: 23.08.2023).

10. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учеб. пособие / Н.А. Спирин [и др.]; под общ. ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: ООО «УИИЦ», 2015. 290 с. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/39965/1/978-5-9904848-4-9_2015.pdf (дата обращения: 23.08.2023).

11. Белинская Н.С. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. URL: <https://clck.ru/Negvw> (дата обращения: 23.08.2023).

References

1. Universal'naya ustanovka pozharotusheniya: pat. RU 195837 U1 Ros. Federaciya: МПК А62С 13/00 / Kozhevina D.F., Polyakov A.S.; Sytdykov M.R., Shilov A.G.; zayavitel' i patentoobladatel' Kozhevina D.F., Polyakov A.S.; Sytdykov M.R., Shilov A.G. № 2019130908; zayavl. 30.09.2019; opubl. 06.02.2020, Byul. № 4. URL: <https://goo-gl.ru/6lMp> (дата обращения: 16.05.2023).

2. Shilov A.G. Trebovaniya k maketu eksperimental'noj universal'noj ustanovki pozharotusheniya s vytesneniem ognetushashchego veshchestva gazoporshnevym sposobom // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 1 (61). S. 171–180. EDN BTNTRN.

3. Sytdykov M.R., Shilov A.G., Kopkin E.V. Opredelenie gidrodinamicheskikh harakteristik eksperimental'noj universal'noj ustanovki dlya tusheniya pozharov na transporte // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 4 (56). S. 145–152. EDN TBSSYT.

4. Abduragimov I.M. O mekhanizme ognetushashchego dejstviya sredstv pozharotusheniya // Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. Т. 21. № 4. С. 60–82.

5. Meshalkin E.A., Shevchenko P.M. Sostoyanie i perspektivy razrabotok izdelij dlya tusheniya pozharov tonkoraspylennoj vodoj // Pozharovzryvobezopasnost'. 2008. Т. 17. № 1. С. 68–75. EDN KNTZVV.

6. GOST R 51057–2001. Tekhnika pozhar'naya. Ognetchushiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200027410> (дата обращения: 21.08.2023).

7. GOST R 51017–2009. Tekhnika pozhar'naya. Ognetchushiteli peredvizhnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071946?ysclid=ln2rcbyuyy359284763> (дата обращения: 21.08.2023).

8. GOST 16504–81. Sistema gosudarstvennyh ispytaniy produktsii. Ispytaniya i kontrol' kachestva produktsii. Osnovnye terminy i opredeleniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16504-81> (data obrashcheniya: 23.08.2023).

9. GOST 24026–80. Issledovatel'skie ispytaniya. Planirovanie eksperimenta. Terminy i opredeleniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009493> (data obrashcheniya: 23.08.2023).

10. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenerenogo eksperimenta: ucheb. posobie / N.A. Spirin [i dr.]; pod obshch. red. N.A. Spirina. Ekaterinburg: OOO «UINC», 2015. 290 s. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/39965/1/978-5-9904848-4-9_2015.pdf (data obrashcheniya: 23.08.2023).

11. Belinskaya N.S. Tipovye modeli struktury potokov v apparatah nepreryvnogo dejstviya. URL: <https://clck.ru/Negvw> (data obrashcheniya: 23.08.2023).

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 02.10.2023; одобрена после рецензирования: 21.11.2023; принята к публикации: 04.12.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 02.10.2023; approved after review: 21.11.2023; accepted for publication: 04.12.2023

Сведения об авторах:

Сытдыков Максим Равильевич, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN-код: 7548-0539

Шилов Александр Геннадьевич, начальник отделения информатизации учебного процесса отдела технологий открытого образования института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shilov@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9771-8665>, SPIN-код: 9775-0258

Бруснянин Дмитрий Владимирович, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: brusyanin@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1145-8394>, SPIN-код: 3883-6067

Information about the authors:

Sytdykov Maxim R., head of the department of fire, rescue equipment and automotive industry of the Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN: 7548-0539

Shilov Alexander G., head of the department of informatization of the educational process, department of open education technologies, institute of correspondence and distance learning of the Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: shilov@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9771-8665>, SPIN: 9775-0258

Brusyanin Dmitry V., associate professor of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry of the Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: brusyanin@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1145-8394>, SPIN: 3883-6067