

Г.Н. Здор, А.В. Потеха

УТОЧНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОГИБАЮЩИХ КРИВЫХ КОМПАКТНОЙ И РАЗДРОБЛЕННОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СТРУЙ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ ПОЖАРНЫХ РОБОТОВ

Во введении указан предмет исследования – параметры гидравлических струй, формируемых лафетными стволами пожарных роботов, и обозначена проблема, заключающаяся в сложности их аналитического определения. Целью исследования является получение расчетно-экспериментальным путем зависимостей для построения огибающих кривых компактной и раздробленной частей гидравлической струи, которые в дальнейшем могут быть использованы для уточнения зависимостей по определению траектории наклонной струи. Исследования базируются на результатах эксперимента, проведенного по разработанной методике, когда положение наклонных гидравлических струй, выпускаемых из лафетных стволов под различными углами наклона и переменном давлении, фиксировалось с помощью фотосъемки. В основной части по итогам обработки изображений были сформированы наборы координат, определяющие положение верхней и нижней границы струи, а также ее оси. Проведенные расчеты подтвердили справедливость используемых для нахождения высоты вертикальной струи зависимостей, а также было предложено уравнение для расчета коэффициента, используемого при определении величины компактной части струи в зависимости от высоты вертикальной струи, что позволило дополнить и расширить существующие рекомендации. При расчете радиуса действия раздробленной струи в связи с отклонениями между экспериментальными и теоретическими значениями выявлена необходимость корректировки коэффициента, зависящего от угла наклона радиуса действия раздробленной струи к горизонту, а также предложена полиномиальная зависимость для его расчета. В заключении отмечается возможность применения полученных результатов для расчета параметров гидравлических струй, формируемых лафетными стволами пожарных роботов, используемых для противопожарной защиты объектов и сооружений различного назначения.

Ключевые слова: гидравлическая струя, параметры, лафетные стволы, пожарные роботы.

Введение. При расчете гидравлических струй определяют параметры траектории их полета (высоту и дальность полета в зависимости от угла наклона оси насадка ствола) и радиусы действия компактной и раздробленной частей струи [1]. Однако аналитическое определение указанных параметров существенно затруднено по причине большого числа факторов, влияющих на движение свободной гидравлической струи в воздухе, в связи с чем имеющаяся информация и рекомендации по данному вопросу в основном базируются на эмпирических данных, часть из которых получена в середине прошлого века. Узкий спектр рекомендаций и совершенствование конструкции изготавливаемого оборудования, в частности пожарных стволов с распыляющими насадками, позволяющего получать гидравлические струи, более стойкие к дроблению и разрушению под влиянием действующих на нее сил, привели к необходимости более детально исследовать данный вопрос [2].

Целью настоящей работы является получение зависимостей для построения огибающих кривых компактной и раздробленной части гидравлической струи на основании расчетно-экспериментального подхода. Результаты могут быть использованы для уточнения зависимостей по определению траектории наклонной струи, что представляется достаточно важным при проектировании противопожарной защиты с использованием роботизированных систем пожаротушения для высокопролетных объектов и сооружений различного назначения.

Здор Геннадий Николаевич, д-р техн. наук, проф., зав. каф. робототехнических систем БНТУ (Минск).
Адрес для корреспонденции: пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь; e-mail: rts@bntu.by

Потеха Алексей Валентинович, ассистент каф. технической механики и материаловедения ГГАОУ (Гродно).

Адрес для корреспонденции: ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Беларусь; e-mail: potekha_av@mail.ru

Методика исследований. С целью построения огибающих кривых компактной и раздробленной гидравлических струй и уточнения зависимостей по их определению была разработана методика, заключающаяся в получении ряда изображений, на которых с помощью фотосъемки фиксировалось расположение наклонных струй, полученных для различных начальных условий испытаний [3–5].

Методикой были запланированы следующие этапы испытаний:

1. Организационно-подготовительный этап. Состоял в выборе площадки для проведения испытаний и организации сил и средств для их проведения.

2. Основной этап. Заключался в получении серий фотоснимков наклонных сплошных гидравлических струй при варьировании исходных параметров.

3. Заключительный этап. Представлял собой сбор и обработку полученных в результате испытаний данных.

С целью учета погрешностей на изображениях, возникающих при фотофиксации наклонных струй с выбранным фокусным расстоянием объектива из-за линейных искажений перспективы, которые по нашей оценке не превышали 5 %, были определены поправочные коэффициенты применяемого фотооборудования.

Основная часть. На основании полученных изображений наклонных струй, формируемых лафетными стволами пожарных роботов с номинальными расходами 20, 40 и 60 л/с при различных значениях давления и углах наклона оси насадка ствола к горизонту, были определены границы струи, ограничивающие ее верхнюю и нижнюю части в плоскости, перпендикулярной съемке, а также расположение оси струи, которые в виде трех кривых показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Кривые, ограничивающие верхнюю и нижнюю части гидравлической осесимметричной струи

По результатам анализа изображений были получены координаты x и y , позволяющие строить ограничивающие кривые наклонной гидравлической струи, а также определять расположение ее оси [6].

Проведенные испытания охватили следующие комбинации начальных параметров:

а) лафетный ствол с номинальным расходом 20 л/с при давлении 0,4, 0,5 и 0,6 МПа и углами наклона оси насадка лафетного ствола к горизонту 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 градусов;

б) лафетный ствол с номинальным расходом 40 л/с при давлении 0,5, 0,6 и 0,7 МПа и углами наклона оси насадка лафетного ствола к горизонту 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 градусов;

в) лафетный ствол с номинальным расходом 60 л/с при давлении 0,7, 0,8 и 0,9 МПа и углами наклона оси насадка лафетного ствола к горизонту 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 градусов.

Наглядное представление полученных результатов обработки экспериментальных данных показано на рисунке 2 на примере траекторий оси гидравлической струи, которая была сформирована лафетным стволом с номинальным расходом 40 л/с и давлением у ствола 0,6 МПа.

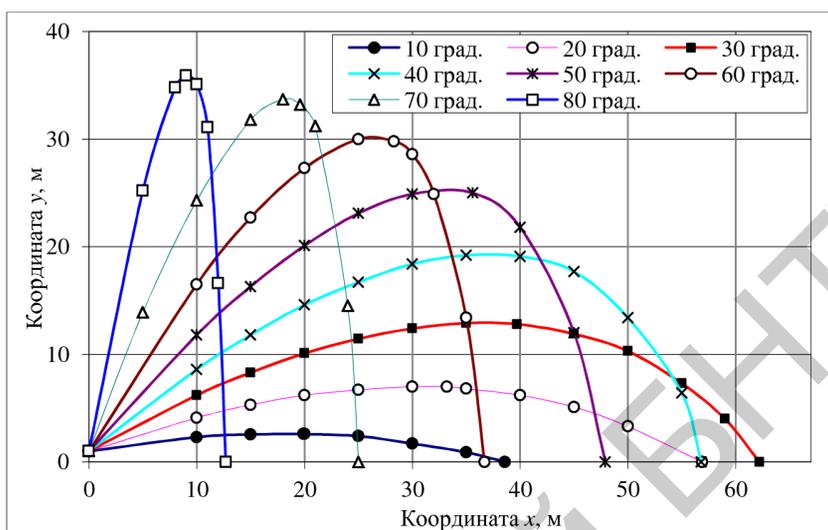


Рисунок 2 – Траектории оси гидравлической струи, формируемой лафетным стволом с номинальным расходом 40 л/с и давлением 0,6 МПа

Параметры гидравлических струй, определенные в результате эксперимента, учитывались при последующих вычислениях радиусов действия компактной и раздробленной частей струи, а также анализе имеющихся рекомендаций по их определению.

При тушении пожаров вертикальные струи применяются достаточно редко, однако их характеристики используются для расчета параметров наклонных гидравлических струй, применяемых в практике пожаротушения [1, с. 223].

Теоретическая высота вертикальной струи находится из равенства [7, с. 57]

$$H = H_e + \Delta H = H_e \left(1 + \frac{k}{d_0} \cdot \frac{v_0^2}{2g} \right), \quad (1)$$

где H – напор у насадка (идеальная высота струи); H_e – высота вертикальной раздробленной струи; ΔH – потери высоты струи; k – коэффициент сопротивления трению в воздухе; d_0 – диаметр выходного сечения насадка; v_0 – скорость движения струи в выходном сечении насадка.

Из выражения (1) следует формула Люгера для определения высоты вертикальной струи [8, с. 115]

$$H_e = \frac{H}{1 + \varphi H}. \quad (2)$$

Коэффициент φ определяется по эмпирической формуле [1, с. 221]

$$\varphi = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{d_0 + 1000 \cdot d_0^3}. \quad (3)$$

Фриман для расчета высоты вертикальных струй при напорах от 7 до 70 м предложил формулу [8, с. 116]

$$H_e = H \left(1 - 0,000113 \frac{H}{d_0} \right). \quad (4)$$

Проведенные испытания современного пожарного оборудования (лафетных стволов, выпускаемых в РФ) подтвердили справедливость расчетных формул (2) и (4). Теоретический расчет высоты вертикальной струи для лафетных стволов с номинальным расходом 20, 40 и 60 л/с при переменном давлении, а также результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов по определению высоты вертикальной сплошной струи

Тип лафетного ствола	Диаметр выходного сечения насадка d , мм	Давление у лафетного ствола P , МПа	Коэффициент φ	Расчетное значение высоты вертикальной струи H_e , м (ф. Люгера)	Расчетное значение высоты вертикальной струи H_e , м (ф. Фримана)	Экспериментальное значение высоты вертикальной струи H_e , м	Отклонение расчетного значения от экспериментального, % (ф. Люгера)
ЛС-С20У	66	0,4	0,00071	24,06	23,45	24,3	-1,0
		0,6		30,92	29,90	32,8	-6,1
		0,8		34,81	33,51	37,3	-7,1
ЛС-С40У	94	0,4	0,00027	29,34	28,52	30,8	-5,0
		0,6		37,35	36,02	38,9	-4,2
		0,8		42,34	40,62	45,6	-7,7
ЛС-С60У	129	0,6	0,00014	41,11	39,81	43,9	-6,8
		0,8		48,69	46,85	50,3	-3,3
		1,0		51,71	49,64	54,6	-5,6

На практике более близкие к опытным данным результаты получены при расчете значения высоты вертикальной струи с использованием формулы Люгера (расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями не превышает 7,7 %).

В определенных случаях для целей пожаротушения используют компактную часть струи, величина которой определяется как часть всей вертикальной струи:

$$H_k = \frac{H_e}{\alpha}. \quad (5)$$

Значение коэффициента α вычисляется по эмпирической формуле Лобачева [8, с. 117]

$$\alpha = 1,19 + 80(0,01 \cdot H_k)^4. \quad (6)$$

Однако данная формула неудобна в расчетах, поскольку коэффициент α представляется функцией от искомой величины H_k .

На основании эмпирических данных и справочной информации [7; 8] для последующей автоматизации расчета получим выражение для определения коэффициента $\zeta = 1/\alpha$ в зависимости от высоты вертикальной струи, справедливое для значений H_e от 10 до 60 м:

$$\zeta = 0,47428 + \frac{0,36656}{1 + \left(\frac{H_e}{39,18687}\right)^{3,11742}}. \quad (7)$$

Соответствие значений, полученных по зависимости (7), и рекомендаций, приведенных в [7, с. 60], показано на рисунке 3.

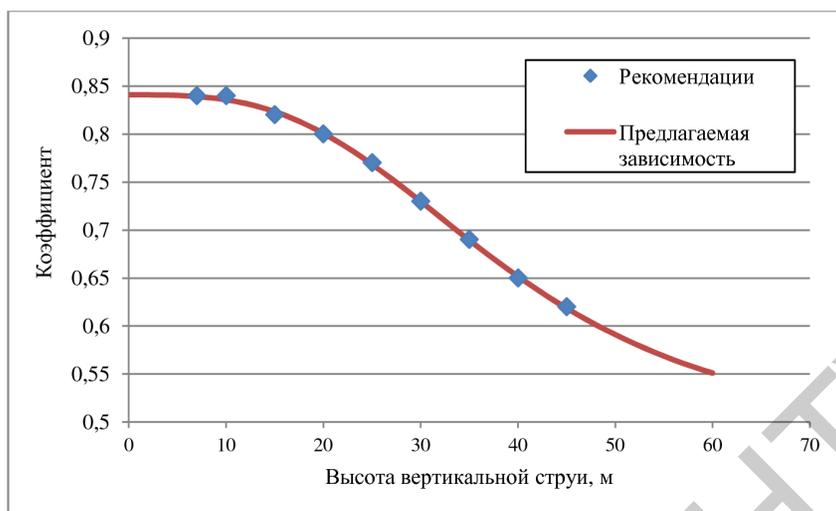


Рисунок 3 – График соответствия рекомендаций и зависимости для расчета коэффициента ζ , используемого при определении величины компактной части струи

Таким образом, значение высоты компактной части струи можно определить с помощью выражения

$$H_{\kappa} = \zeta H_{\theta}. \quad (8)$$

Расчет наклонных струй ведут по отношению к величинам H_{κ} и H_{θ} для вертикальных струй.

Если при одном и том же напоре у насадка постепенно изменять угол наклона ствола, то конец компактной части струи будет описывать траекторию abc , которая называется огибающей кривой компактной струи, а наиболее удаленные капли струи – траекторию $a'b'c'$, называемую огибающей кривой раздробленной струи (рисунок 4). Расстояния по прямой от насадка до граничных кривых соответственно называются радиусом действия компактной струи R_{κ} и радиусом действия раздробленной струи R_p .

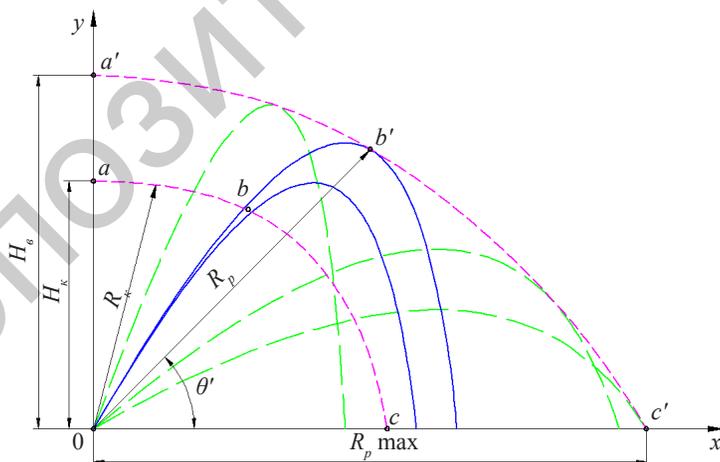


Рисунок 4 – Схема огибающих кривых компактной и раздробленной струй

Разделение струи на компактную и раздробленную части практически можно выполнить на основании визуального наблюдения за струей [8, с. 112].

Результаты проведенного эксперимента по определению параметров гидравлических струй, формируемых лафетными стволами пожарных стационарных роботов (ПСР),

позволили подтвердить и дополнить существующие рекомендации [9] по расчету радиуса действия компактной части наклонной струи из лафетного ствола в зависимости от R_k при угле наклона ствола к горизонтальной плоскости 30° .

В итоге расчет R_k можно вести по выражению

$$R_k = R_{k30^\circ} \cdot f, \quad (9)$$

где R_{k30° – радиус действия компактной части наклонной струи при угле наклона оси насадка лафетного ствола к горизонтальной плоскости $\theta = 30^\circ$; f – коэффициент, определяемый по формуле

$$f = 1,19997 - 0,00701 \cdot \theta + 8,7888 \cdot 10^{-4} \cdot \theta^2 - 7,46604 \cdot 10^{-5} \cdot \theta^3 + 2,41731 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^4 - 3,74196 \cdot 10^{-8} \cdot \theta^5 + 2,81209 \cdot 10^{-10} \cdot \theta^6 - 8,26961 \cdot 10^{-13} \cdot \theta^7. \quad (10)$$

Имеющиеся рекомендации по выбору коэффициента f и расчеты по уравнению (10) представлены на рисунке 5.

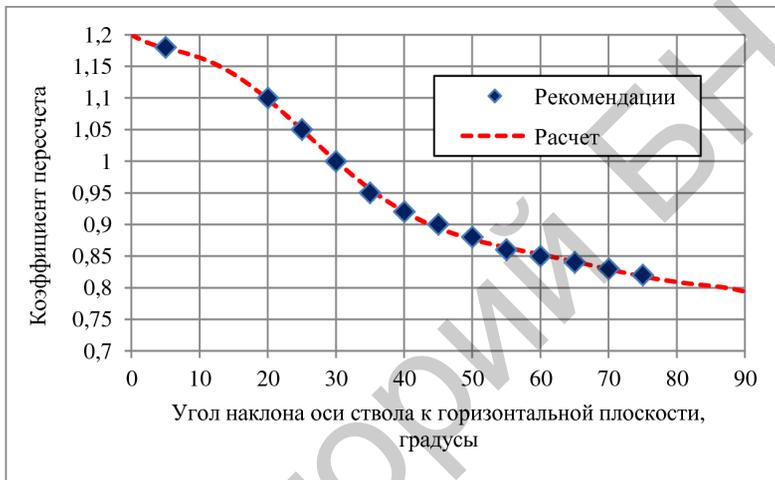


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента пересчета радиуса действия компактной части струи от угла наклона оси лафетного ствола к горизонтальной плоскости

Расстояние от насадка до огибающей кривой раздробленной струи возрастает с уменьшением угла наклона R_p к горизонту θ' . Величину радиуса действия раздробленной струи определяют по формуле [7, с. 61]

$$R_p = \beta \cdot H_s, \quad (11)$$

где β – коэффициент, зависящий от угла наклона θ' . Значения коэффициентов β , приведенные в литературных источниках [1; 10], определены опытным путем в середине XX в. и с тех пор остаются неизменными.

Проведенные исследования выявили значительные (до 23,6 %, что эквивалентно расстоянию более 7 м) несоответствия между теоретически рассчитанными по формуле (11) величинами R_p и их экспериментальными значениями для лафетных стволов с номинальными расходами 20, 40 и 60 л/с при переменных напорах, что свидетельствует о необходимости уточнения коэффициента β .

При корректировке коэффициента β использовали метод «от обратного», включающий следующие этапы:

1. Построение огибающей кривой по траекториям раздробленной струи для лафетных стволов с расходами 20, 40 и 60 л/с с учетом влияния напора на основании экспериментальных данных. Примеры построенных кривых приведены на рисунке 6.

2. Измерение радиуса действия раздробленной струи R_p с учетом масштаба построений при переменном угле наклона θ' .

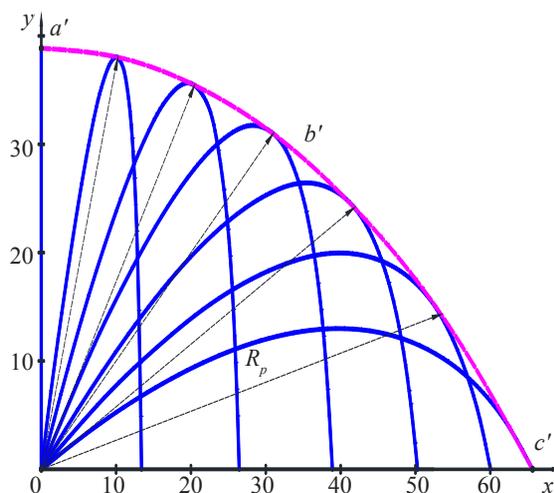


Рисунок 6 – Огибающая кривая раздробленной струи, формируемой пожарных лафетным стволом с номинальным расходом 40 л/с при давлении 0,6 МПа

3. Расчет значений высоты вертикальной струи H_e по зависимости, полученной из (11), при общепринятых значениях коэффициента β :

$$H_e = \frac{R_p}{\beta}. \quad (12)$$

Результаты расчетов сведены в таблицах 2, 3 и 4.

4. Сравнение найденных с помощью (12) значений H_e со значением высот вертикальных струй, полученных в результате эксперимента.

Таблица 2 – Результаты эксперимента для лафетного ствола с расходом 20 л/с

Угол наклона радиуса действия струи к горизонту θ' , град.	Общепринятые значения коэффициента β	При давлении 0,4 МПа		При давлении 0,6 МПа		При давлении 0,8 МПа	
		Радиус R_p , м	Высота S_b , м	Радиус R_p , м	Высота S_b , м	Радиус R_p , м	Высота S_b , м
0	1,4	38,20	27,29	49,71	35,51	55,84	39,89
15	1,3	32,98	25,37	43,42	33,40	48,93	37,64
30	1,2	29,41	24,51	39,06	32,55	44,31	36,93
45	1,12	27,09	24,18	36,04	32,18	41,07	36,67
60	1,07	25,49	23,82	34,09	31,86	38,85	36,31
75	1,03	24,58	23,86	32,98	32,02	37,64	36,54
90	1	24,21	24,21	32,59	32,59	37,26	37,26

Таблица 3 – Результаты эксперимента для лафетного ствола с расходом 40 л/с

Угол наклона радиуса действия струи к горизонту θ' , град.	Общепринятые значения коэффициента β	При давлении 0,4 МПа		При давлении 0,6 МПа		При давлении 0,8 МПа	
		Радиус R_p , м	Высота S_b , м	Радиус R_p , м	Высота S_b , м	Радиус R_p , м	Высота S_b , м
0	1,4	53,41	38,15	65,65	46,90	75,33	53,81
15	1,3	44,45	34,20	55,18	42,44	63,74	49,03
30	1,2	38,67	32,23	48,30	40,25	56,33	46,94
45	1,12	34,91	31,17	43,81	39,12	51,24	45,75
60	1,07	32,53	30,40	40,94	38,26	47,99	44,85
75	1,03	31,27	30,36	39,37	38,23	46,17	44,83
90	1	30,86	30,86	38,87	38,87	45,65	45,65

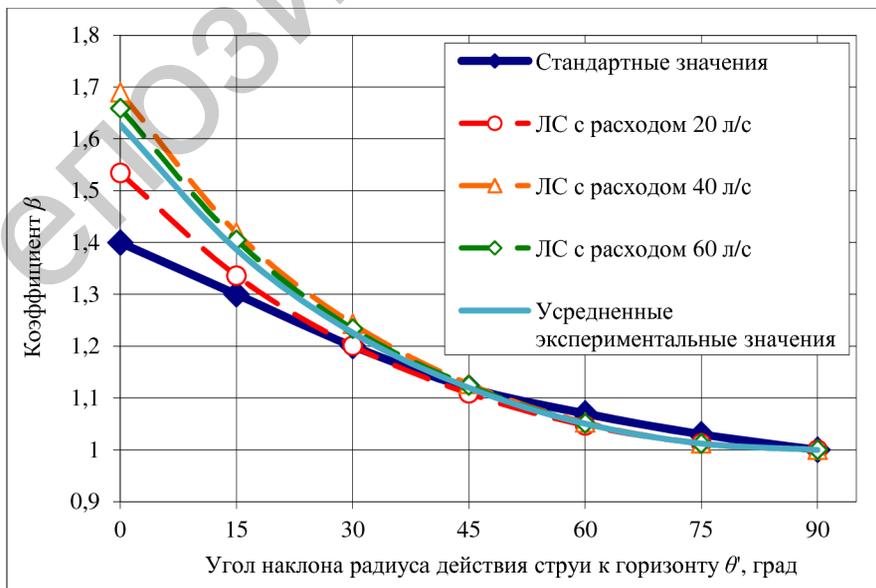
Таблица 4 – Результаты эксперимента для лафетного ствола с расходом 60 л/с

Угол наклона радиуса действия струи к горизонту θ' , град.	Общепринятые значения коэффициента β	При давлении 0,6 МПа		При давлении 0,8 МПа		При давлении 1,0 МПа	
		Радиус R_p , м	Высота S_B , м	Радиус R_p , м	Высота S_B , м	Радиус R_p , м	Высота S_B , м
0	1,4	74,43	53,16	83,29	59,49	89,59	63,99
15	1,3	62,55	48,12	70,66	54,35	76,37	58,74
30	1,2	54,80	45,66	62,24	51,87	67,01	55,84
45	1,12	49,68	44,36	56,53	50,47	61,54	54,95
60	1,07	46,38	43,34	52,90	49,44	57,62	53,85
75	1,03	44,61	43,31	50,91	49,43	55,52	53,90
90	1	44,12	44,12	50,35	50,35	54,80	54,80

5. Расчет экспериментальных значений коэффициента β (далее обозначается как β') и анализ полученных результатов (таблица 5, рисунок 7).

Таблица 5 – Расчетные значения коэффициентов β'

Общепринятые значения коэффициента β	Лафетный ствол с расходом 20 л/с				Лафетный ствол с расходом 40 л/с				Лафетный ствол с расходом 60 л/с			
	0,4 МПа	0,6 МПа	0,8 МПа	Среднее β'	0,4 МПа	0,6 МПа	0,8 МПа	Среднее β'	0,6 МПа	0,8 МПа	1,0 МПа	Среднее β'
1,4	1,578	1,525	1,499	1,534	1,731	1,689	1,650	1,690	1,687	1,654	1,635	1,659
1,3	1,363	1,332	1,313	1,336	1,441	1,420	1,396	1,419	1,418	1,403	1,394	1,405
1,2	1,215	1,198	1,189	1,201	1,253	1,243	1,234	1,243	1,242	1,236	1,223	1,234
1,12	1,119	1,106	1,102	1,109	1,131	1,127	1,122	1,127	1,126	1,123	1,123	1,124
1,07	1,053	1,046	1,043	1,047	1,054	1,053	1,051	1,053	1,051	1,051	1,051	1,051
1,03	1,015	1,012	1,010	1,012	1,013	1,013	1,011	1,013	1,011	1,011	1,013	1,012
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Рисунок 7 – Графики изменения коэффициента β

При анализе построенных кривых можно сделать следующие выводы:

1. Расчетные значения коэффициента β' (полученного экспериментально) имеют незначительные расхождения с рекомендуемыми в пределах угла наклона радиуса действия струи к горизонту θ' от 30 до 90 градусов. При этом отклонения значений β' от β не превышают 5 %.

2. Для углов наклона радиуса действия струи к горизонту θ' в диапазоне от 0 до 30 градусов требуется корректировка коэффициента β в связи с существенными отклонениями полученных результатов от исходных значений β (расхождение достигает 23,6 %, что эквивалентно изменению радиуса действия раздробленной струи R_p более чем на 7 м).

3. С целью уточнения коэффициента β предлагается использовать полиномиальную зависимость, полученную на основании проведенных испытаний лафетных стволов с расходами 20, 40 и 60 л/с, выражаемую уравнением

$$\beta' = 1,62581 - 0,01827 \cdot \theta' + 1,8321 \cdot 10^{-4} \cdot \theta'^2 - 6,4026 \cdot 10^{-7} \cdot \theta'^3. \quad (13)$$

Данное уравнение позволяет получить значения коэффициента β , отличающиеся не более чем на 6 % от значений, полученных экспериментально.

Объяснением выявленных расхождений между значениями β и β' могут служить совершенствование конструкции изготавливаемого оборудования, в частности пожарных стволов, и использование распыляющих насадков с дефлекторами, которые позволяют создавать внутри прямой струи вакуум, способствующий фокусированию струи к центру сразу после прохождения небольшого расстояния от насадка, что позволяет получать более стойкие к дроблению и разрушению гидравлические струи.

На рисунке 8 изображены уточненные огибающие кривые компактной и раздробленной струй для лафетного ствола с номинальным расходом 40 л/с при давлении 0,6 МПа.

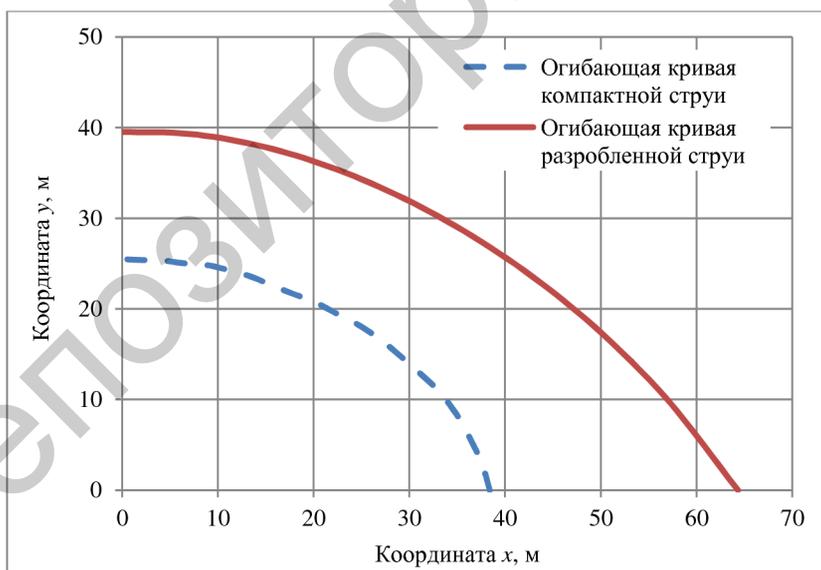


Рисунок 8 – Огибающие кривые компактной и раздробленной частей струи для лафетного ствола с номинальным расходом 40 л/с при давлении 0,6 МПа

Заключение. Расчетно-экспериментальным путем получены зависимости по определению вертикальных и горизонтальных координат для построения огибающих кривых компактной и раздробленной части гидравлической струи, формируемой лафетными стволами с номинальными расходами 20, 40 и 60 л/с при переменном давлении и угле наклона оси насадка к горизонту.

Результаты исследования позволили подтвердить и дополнить существующие рекомендации по расчету радиуса действия компактной части наклонной гидравлической струи R_k .

На основании расчетно-экспериментальных исследований гидравлических характеристик лафетных стволов с расходами 20, 40 и 60 л/с предложена полиномиальная модель для уточненного расчета коэффициента β , зависящего от угла наклона θ' радиуса действия раздробленной струи R_p к горизонту. Таким образом, обеспечено получение значения коэффициента β , отличающегося не более, чем на 6 % от значений, полученных экспериментально. Это позволило более корректно рассчитать значения радиуса действия раздробленной струи R_p в диапазоне изменения угла наклона R_p к горизонту от 0 до 30 градусов и существенно уменьшить расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями.

Рассчитанные значения R_k и R_p в дальнейшем могут быть использованы для уточнения зависимостей по определению траектории наклонной струи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов, Е.Н.* Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов. – М. : Стройиздат, 1986. – 316 с.
2. *Горбань, Ю.И.* Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Ю.И. Горбань. – М. : Пожнаука, 2013. – 352 с.
3. *Игнатов, А.В.* Разработка автоматизированных систем пожаротушения на базе лафетных пожарных роботов / А.В. Игнатов, А.В. Потеха, В.Л. Потеха // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 48–54.
4. *Потеха, А.В.* Расчетно-экспериментальное уточнение зависимостей, используемых при расчете параметров гидравлических струй для целей пожаротушения / А.В. Потеха // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2014. – С. 196–197.
5. *Игнатов, А.В.* Разработка систем пожаротушения на базе лафетных пожарных роботов с программным управлением / А.В. Игнатов, А.В. Потеха // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы докладов Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 2006. – С. 262–264.
6. *Потеха, В.Л.* Роботизированные системы пожаротушения в Республике Беларусь / В.Л. Потеха, А.В. Потеха, Г.Н. Здор // Пожежна безпека: теорія і практика : зб. наук. праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – № 13. – С. 106–115.
7. *Качалов, А.А.* Противопожарное водоснабжение : учеб. пособие для пожарно-техн. училищ / А.А. Качалов, А.Е. Кузнецова, Н.В. Богданова. – М. : Стройиздат, 1975. – 272 с.
8. *Гидравлика и противопожарное водоснабжение / Ю.А. Кошмаров [и др.] ; под ред. Ю.А. Кошмарова* – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1985. – 383 с.
9. ТКП 45-2.02-84-2007. Склады лесных материалов. Пожарная безопасность. Строительные нормы проектирования. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2008. – 24 с.
10. *Тарасов-Агалаков, Н.А.* Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МКХ РСФСР, 1959. – 264 с.

Поступила в редакцию 19.10.15.

In the introduction a subject of investigation are hydraulic characteristics of jets that are generated by fire monitors of fire-fighting robots. The problem of analytical determination complexity is indicated. The purpose of research is correspondences origination by analytical and experimental approach for envelope curves tracing of solid and fragmented hydraulic jets that can later be used for mathematical expressions correction of an inclined jet trajectories. Researches are based on the results of an experiment conducted by the developed methodology when the position of inclined hydraulic jets that were generated by fire monitors at different angles and alternating pressure has been registered by photography. In the main part sets of coordinates that define the position of the upper and lower boundaries of the jet, as well as its axis, were formed on the basis of image processing. The calculations confirmed the validity of used correspondences for the vertical jet height definition and the equation for calculating of the coefficient that is used for value determining of the solid jet depending on the height of the vertical jet allowing to complement and extend the existing recommendations was proposed. Necessity for adjustment of coefficients depending on the angle of the fragmented jet range to the horizon was identified in the fragmented jet range calculations due to discrepancies between the experimental and theoretical values and the polynomial approximant for its calculation was proposed. In conclusion the possibility of applying these results to calculate the characteristics of hydraulic jets generated by fire monitors of fire-fighting robots that is used for fire protection of different objects and constructions of various purposes is mentioned.

Keywords: hydraulic jet, characteristics, fire monitors, fire-fighting robots.