В. В. ТЕРЕБНЕВ, канд. техн. наук, доцент, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры пожарно-строевой и газодымозащитной подготовки Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

М. А. ШУРЫГИН, инженер пожарной безопасности, старший лейтенант внутренней службы, слушатель магистратуры Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

УДК 614.844.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО НАПОРА НА АВТОМОБИЛЕ ВОЗДУШНО-ПЕННОГО ТУШЕНИЯ ДЛЯ ПОДАЧИ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ В МАГИСТРАЛЬНУЮ ЛИНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕННОЙ ВСТАВКИ

Предложена таблица для расчета напора на насосной установке мобильного средства пожаротушения при транспортировке пенообразователя из емкости мобильного средства пожаротушения к пенной вставке.

Ключевые слова: мобильное средство пожаротушения; пенообразователь; пенная вставка; напор; пенные стволы (генераторы пены); концентрация пенообразователя.

"Платон мне друг, но истина дороже..."
Аристотель

Для ликвидации горения на пожаре горючих жидкостей, как правило, требуется использовать растворы пенообразователя различной кратности. Для получения пены необходимы пенные пожарные стволы (генераторы пены) различной производительности и водные растворы пенообразователей различной концентрации.

Для получения водного раствора пенообразователя используют как стационарные пеносмесители, так и пенные вставки с дозирующими отверстиями диаметром 10 и 25 мм. Пенная вставка с диаметром отверстия 10 мм предназначена для подачи пенообразователя в магистральную линию с диаметром пожарных рукавов 77 мм, 25 мм — для подачи пенообразователя в магистральную линию с диаметром пожарных рукавов 150 мм.

Некоторые насосные установки пожарных насосных станций имеют стационарно установленные вставки диаметром 25 мм. Пенообразователь из емкости мобильного средства пожаротушения транспортируется под напором по пожарному напорному рукаву диаметром 51 мм к пенной вставке. Для того чтобы пена была хорошего качества, необходимым условием является подача ствола к техническим средствам формирования пены с определенной концентрацией в нем пенообразующих веществ. Для создания необходимой концентрации требуется подать определенное количество пенообразователя.

Расчет требуемого количества пенообразователя требует времени и определенных навыков. Поэтому на практике для удобства использовали готовые таблицы с заранее рассчитанными параметрами [1–3]. Однако эти таблицы предназначены только для генераторов пены средней кратности (ГПС-600, ГПС-2000 (2000м)) с расходами по раствору 6 и 20 л/с и только для 6 %-ной концентрации пенообразователя в воде. Кроме того, в них имеется ряд расхождений в значениях. Таким образом, используемые в настоящее время таблицы не позволяют определить необходимые параметры работоспособности насосно-рукавных систем для транспортировки водного раствора пенообразователя и получения качественной пены из пенообразователей различной концентрации с использованием пенных пожарных стволов с различными расходами.

В связи с этим назрела острая необходимость в разработке такой таблицы, при помощи которой можно будет легко и быстро определять нужные параметры. С этой целью проведем некоторые расчеты для получения простой формулы, по которой можно находить необходимый параметр, а именно разность между напором на пенной вставке и требуемым напором на насосе установки мобильного средства пожаротушения, транспортирующего пенообразователь к пенной вставке.

© *Теребнев В. В., Шурыгин М. А., 2012*

Количество жидкости, вытекающей через отверстие вставки, определяем по формуле [4, 5]:

$$Q = \mu S_{от} \sqrt{\Delta H \cdot 2g}, \quad (1)$$

где Q — расход пенообразователя, м^3/с;

μ — коэффициент, зависящий от формы сечения отверстия пенной вставки; для круглого сечения $\mu = 0{,}62$ (определяется по табл. 5.1, с. 107 [5]);

$S_{от}$ — площадь сечения отверстия пенной вставки, м^2;

ΔH — разность напора воды и пенообразователя у вставки, м;

g — ускорение свободного падения, м/с^2;

$g = 9{,}8$ м/с^2.

Опуская промежуточные расчеты, получаем:

$$\Delta H = \left(\frac{Q}{\mu S_{от}}\right)^2 \frac{1}{2g}. \quad (2)$$

Подставляем постоянные значения ($\mu = 0{,}62$; $g = 9{,}8$ м/с^2):

$$\Delta H = \left(\frac{Q}{0{,}62\, S_{от}}\right)^2 \frac{1}{2 \cdot 9{,}8}. \quad (3)$$

Определяем количество пенообразователя в растворе:

$$Q = Q_{р\text{-}р} \frac{C}{100}, \quad (4)$$

где $Q_{р\text{-}р}$ — требуемый расход раствора в магистральной линии, м^3/с;

C — концентрация пенообразователя, %.

Площадь сечения отверстия пенной вставки определяем по формуле

$$S_{от} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 d^2}{4}. \quad (5)$$

Подставляя в формулу (3) значения расхода раствора и площади сечения отверстия из формул (4) и (5), получаем:

$$\Delta H = \left(\frac{Q_{р\text{-}р} C/100}{0{,}62 \cdot 3{,}14\,(d^2/4)}\right)^2 \frac{1}{2 \cdot 9{,}8} = \frac{1}{4{,}642787044}\left(\frac{Q_{р\text{-}р} C/100}{d^2}\right)^2. \quad (6)$$

В полученной формуле размерность величин находится в соответствии с системой СИ, но на практике эти величины берутся с другими единицами измерения, поэтому целесообразно добавить в формулу множители, чтобы использовать привычные единицы измерения для расхода (л/с) и диаметра (мм):

$$\Delta H = \frac{1}{4{,}642787044}\left(\frac{Q_{р\text{-}р}\ (C \cdot 10^{-3})/100}{(d \cdot 10^{-3})^2}\right)^2 = 21{,}54\left(\frac{Q_{р\text{-}р}\ C}{d^2}\right)^2, \quad (7)$$

где $Q_{р\text{-}р}$ — расход раствора в магистральной линии, л/с;

d — диаметр отверстия в пенной вставке, мм.

Подставляя в полученное выражение требуемые значения Q, C и d, получим ΔH и составим таблицу.

Приведем несколько примеров.

Пример 1. Рассмотрим насосно-рукавную схему расстановки сил и средств, показанную на рис. 1. Концентрация пенообразователя в растворе воды $C = 6$ %.

Для того чтобы данная схема расстановки сил и средств наиболее эффективно работала, необходимо создать на насосе АПТ напор $H_н^{АПТ}$ (м), требуемый для транспортировки пенообразователя во всасывающую линию:

$$H_н^{АПТ} = \Delta H, \quad (8)$$

где ΔH — разность напора воды и пенообразователя у вставки, м.

Находим по таблице значение ΔH, соответствующее исходным данным: диаметр пенной вставки $d = 10$ мм, концентрация пенообразователя в растворе $C = 6$ %, расход раствора в магистральной линии $Q_{р\text{-}р} = 12$ л/с (2 ствола ГПС-600). Получаем:

$$H_н^{АПТ} = \Delta H - 11{,}2\,м.$$

Пример 2. Рассмотрим насосно-рукавную схему расстановки сил и средств, показанную на рис. 2. Концентрация пенообразователя в растворе воды $C = 6$ %.

В данном случае напор на насосе АПТ, требуемый для работы насосно-рукавной системы, будет равен:

$$H_н^{АПТ} = H_г + \Delta H, \quad (9)$$

где $H_г$ — напор на пожарном гидранте, м.

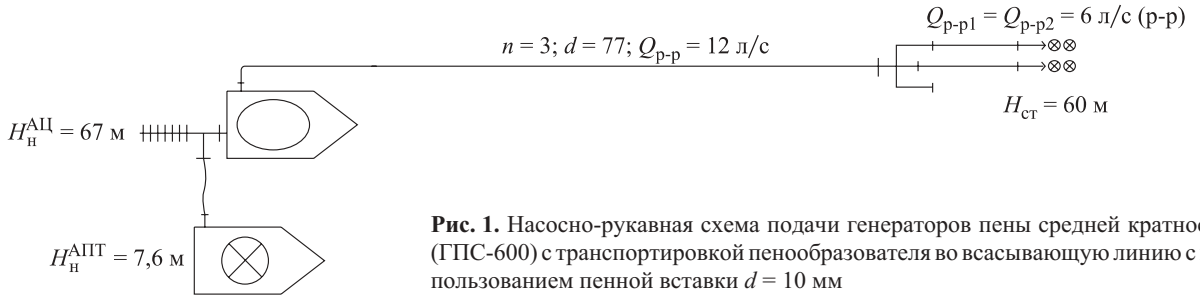


Рис. 1. Насосно-рукавная схема подачи генераторов пены средней кратности (ГПС-600) с транспортировкой пенообразователя во всасывающую линию с использованием пенной вставки $d = 10$ мм

Значения разности напора в зависимости от характеристик пенной вставки, концентрации раствора пенообразователя и расхода раствора пенообразователя в магистральной линии

Концентрация пенообразователя в растворе C, %	Диаметр отверстия во вставке d, мм	Расход раствора пенообразователя в магистральной линии, л/с																	
		2	4	6	8	10	12	18	24	30	36	42	48	50	60	70	80	90	96
		Значение ΔH, м																	
1	10	0,009	0,034	0,078	0,138	0,215	0,310	0,698	1,241	1,939	2,792	3,800	4,963	5,385	7,754	10,555	13,786	17,447	19,851
	25	Не более →								0,050	0,071	0,097	0,127	0,138	0,199	0,270	0,353	0,447	0,508
2	10	0,034	0,138	0,310	0,551	0,862	1,241	2,792	4,963	7,754	11,166	15,199	19,851	21,540	31,018	42,218	55,142	69,790	79,405
	25	Не более →								0,199	0,286	0,389	0,508	0,551	0,794	1,081	1,412	1,787	2,033
3	10	0,078	0,310	0,698	1,241	1,939	2,792	6,281	11,166	17,447	25,124	34,197	44,665	48,465	69,790	94,991	124,070	157,027	178,661
	25	Не более →								0,447	0,643	0,875	1,143	1,241	1,787	2,432	3,176	4,020	4,574
4	10	0,138	0,551	1,241	2,206	3,446	4,963	11,166	19,851	31,018	44,665	60,794	79,405	86,160	124,070	168,874	220,570	279,158	317,620
	25	Не более →								0,794	1,143	1,556	2,033	2,206	3,176	4,323	5,647	7,146	8,131
5	10	0,215	0,862	1,939	3,446	5,385	7,754	17,447	31,018	48,465	69,790	94,991	124,070	134,625	193,860	263,865	344,640	436,185	496,282
	25	Не более →								1,241	1,787	2,432	3,176	3,446	4,963	6,755	8,823	11,166	12,705
6	10	0,310	1,241	2,792	4,963	7,754	11,166	25,124	44,665	69,790	100,497	136,788	178,661	193,860	279,158	379,966	496,282	628,106	714,646
	25	Не более →								1,787	2,573	3,502	4,574	4,963	7,146	9,727	12,705	16,080	18,295

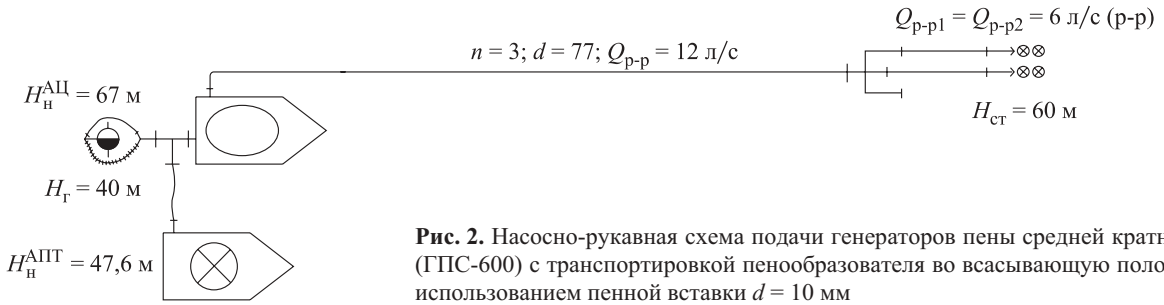


Рис. 2. Насосно-рукавная схема подачи генераторов пены средней кратности (ГПС-600) с транспортировкой пенообразователя во всасывающую полость с использованием пенной вставки d = 10 мм

Значение ΔH находим аналогично примеру 1 по таблице по исходным данным: d = 10 мм; C = 6 %; $Q_{р\text{-}р}$ = 12 л/с. Получаем ΔH = 11,166 = 11,2 л/с.

По формуле (9) определяем напор на насосе АПТ:

$$H_н^{АПТ} = 40 + 11{,}2 = 51{,}2\,м.$$

Пример 3. Рассмотрим насосно-рукавную схему расстановки сил и средств, показанную на рис. 3. Концентрация пенообразователя в растворе воды C = 6 %.

Напор на насосе АПТ определяем по формуле

$$H_н^{АПТ} = H_{вст} + \Delta H, \qquad (10)$$

где $H_{вст}$ — напор на пенной вставке, м.

Значение ΔH находим аналогично примерам 1 и 2 по таблице по исходным данным: d = 10 мм; C = 6 %; $Q_{р\text{-}р}$ = 12 л/с. Получаем ΔH = 11,166 = 11,2 л/с.

Напор на пенной вставке определяем по формуле

$$H_{вст} = H_н^{АЦ} - nSQ_{р\text{-}р}^2, \qquad (11)$$

где $H_н^{АЦ}$ — напор на насосе АЦ, м;

n — количество рукавов в магистральной линии до пенной вставки;

S — сопротивление одного рукава диаметром 77 мм, с^2/м^5;

$Q_{р\text{-}р}$ — расход раствора пенообразователя в магистральной линии, л/с.

Подставляя найденные значения, получаем:

$$H_{вст} = H_н^{АЦ} - nSQ_{р\text{-}р}^2 =$$
$$= 70 - 2 \cdot 0{,}015 \cdot 12^2 = 65{,}68\ м.$$

На практике определять напор на пенной вставке расчетным способом нет необходимости, так как на ней установлен манометр, на основании показаний которого и устанавливается напор на пенной вставке.

По формуле (10) определяем напор на насосе АПТ:

$$H_н^{АПТ} = H_{вст} + \Delta H = 65{,}68 + 11{,}2 = 76{,}88\,м.$$

Пример 4. Рассмотрим насосно-рукавную схему расстановки сил и средств, показанную на рис. 4. Концентрация пенообразователя в растворе воды C = 6 %.

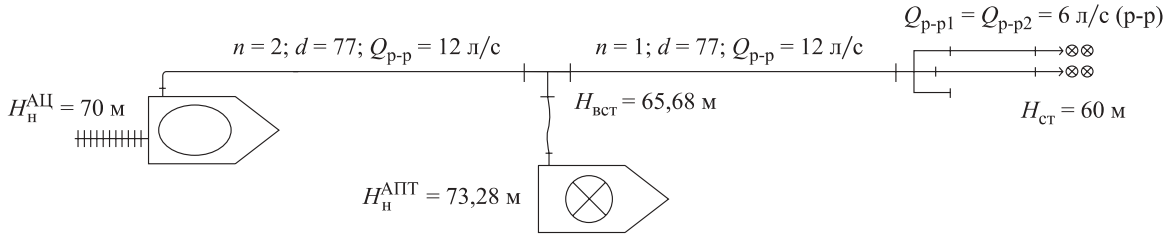


Рис. 3. Насосно-рукавная схема подачи генераторов пены средней кратности (ГПС-600) с транспортировкой пенообразователя в магистральную линию с использованием пенной вставки d = 10 мм

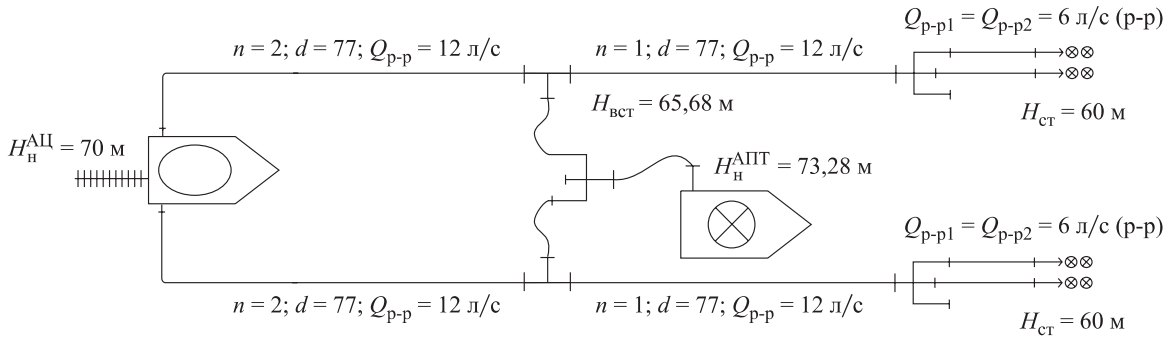


Рис. 4. Насосно-рукавная схема подачи генераторов пены средней кратности (Пурга-5) с транспортировкой пенообразователя в магистральную линию с использованием пенной вставки d = 10 мм

Напор на насосе АПТ находим по формуле (10):

$$H_{\text{н}}^{\text{АПТ}} = H_{\text{вст}} + \Delta H,$$

где $H_{\text{вст}}$ — напор на пенной вставке, определяемый из показаний манометра, установленного на пенной вставке, м.

Значение ΔH определяем по таблице для двух пеногенераторов “Пурга-5” (12 л/с), пенной вставки с $d = 10$ мм, концентрации пенообразователя в растворе $C = 6$ %.

По формуле (10) находим напор на насосе АПТ:

$$H_{\text{н}}^{\text{АПТ}} = H_{\text{вст}} + \Delta H = 65{,}68 + 11{,}2 = 76{,}88 \text{ м}.$$

На основании формулы (7) получена таблица, которая наиболее точно описывает рассмотренный процесс. Кроме того, формула (7) не сложна для вычислений и может использоваться как в теории, так и в практической деятельности для решения различных оперативно-тактических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. — М. : ГУГПС; ВНИИПО, 1999.
2. *Теребнев В. В.* Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. — М. : ИБС-Холдинг, 2005.
3. *Иванников В. П., Клюс П. П.* Справочник руководителя тушения пожара. — М. : Стройиздат, 1987.
4. *Франкель Н. З.* Гидравлика. — М. : Госэнергоиздат, 1956.
5. *Абросимов Ю. Г., Иванов А. И., Качалов А. А. и др.* Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учебник. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2003. — 392 с.

Материал поступил в редакцию 30 ноября 2011 г.
Электронный адрес авторов: bi-bik87@mail.ru.

Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу



ОГНЕТУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ

Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой

В учебном пособии приведены классификация огнетушителей и конструкции основных их типов, средства тушения, используемые для зарядки огнетушителей, виды огнетушителей и правила их применения для ликвидации загораний различных веществ, рекомендации по расчету необходимого количества огнетушителей для разных объектов, по их размещению, хранению и техническому обслуживанию.

Рекомендации, содержащиеся в книге, разработаны на основе современных нормативных документов, регламентирующих конструкцию, условия применения, правила эксплуатации и технического обслуживания огнетушителей.

Учебное пособие рассчитано на широкий круг читателей: инженерно-технических работников предприятий и организаций, ответственных за оснащение объектов огнетушителями, поддержание их в работоспособном состоянии и своевременную перезарядку; преподавателей курсов пожарно-технического минимума и дисциплины “Основы безопасности жизнедеятельности” в средних и высших учебных заведениях; частных лиц, выбирающих огнетушитель для обеспечения безопасности квартиры, дачи или автомобиля.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru