

**АКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО
ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА****UPDATE OF INTERNAL FIRE-FIGHTING
WATER PIPELINE SYSTEMS***Баранчикова Н. И.,**кандидат физико-математических наук,
Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет, Иркутск,**Епифанов С. П.,**кандидат физико-математических наук,
ООО «Иркутский ремонтно-механический завод», Иркутск,
Калинин И. С.,**Главное управление МЧС России по Иркутской области, Иркутск**Baranchikova N.,**Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk
Epifanov S.,**Irkutsk Mechanical Repair Plant, Irkutsk,**Kalinin I.,**the Main Directorate of the Ministry of Emergencies
of Russia in the Irkutsk Region, Irkutsk*

В РФ число погибших на пожарах в жилых, общественных и производственных зданиях составляет ежегодно около 13000 человек. Одной из основных причин такого положения является то, что в зданиях старой постройки внутренний противопожарный водопровод спроектирован по нормам, которые к настоящему времени претерпели существенные изменения. Это привело к тому, что современные требования к внутреннему противопожарному водопроводу выполняются не в полном объеме. Приведение пожарного водопровода к новым нормативным требованиям не всегда возможно только на основе испытаний на водоотдачу. Показана необходимость дополнительного проведения многовариантных гидравлических расчетов с нефиксированными отборами воды на пожаротушение для объективной оценки работоспособности противопожарного водопровода. На реальном примере продемонстрировано, что местные потери напора могут составлять существенную часть общих потерь напора, что необходимо учитывать, и что исходными данными для гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода не могут быть значения расхода через пожарные стволы из СП 10.13130.2009, так как это может привести к неверной оценке работоспособности противопожарного водопровода.

Ключевые слова: внутренний противопожарный водопровод, задача потокораспределения, гидравлический расчет, пожарные стволы, нефиксированный отбор, напор, давление.

In the Russian Federation, the death toll in fires in residential, public and industrial buildings is about 13,000 people annually. One of the main reasons for this situation is that in old buildings the internal fire-fighting water supply system was designed according to the standards that have undergone significant changes by now. This has led to the fact that

modern requirements for the internal fire-fighting water supply system are not fully met. Bringing a fire water supply system to new regulatory requirements is not always possible only on the basis of water output tests. The necessity of additional carrying out of multivariate hydraulic calculations with non-fixed nodal selections for fire extinguishing for an objective assessment of the fire-fighting water supply system is shown. Using a real example, it was demonstrated that local head losses can constitute a significant part of the total head losses, which must be taken into account, and that the initial data for the hydraulic calculation of the internal fire-fighting water supply cannot be the flow rate through fire handline nozzles from SP 10.13130.2009, since this can lead to an incorrect assessment of the performance of the fire-fighting water supply system.

Keywords: internal fire-fighting water supply, the problem of flow distribution, hydraulic calculation, handline nozzles, non-fixed nodal selection, head, pressure.

За последнее десятилетие практически не снижается число пожаров в жилых и общественных зданиях в РФ. Возгорания происходят как во вновь построенных высотных зданиях, оборудованных всеми необходимыми системами пожаротушения, так и в жилых и общественных зданиях старой постройки. Последние проектировались и строились еще в середине прошлого века. Эти здания чаще не являются высотными, но возникновение пожаров в них иногда приводит к человеческим жертвам и значительному материальному ущербу. Около 2000 пожаров в среднем за год приходится на общеобразовательные учреждения РФ [1], в том числе и в общежитиях. И хотя некоторые здания оборудованы системами внутреннего противопожарного водопровода (далее – ВПВ), использование его происходит крайне редко, более того наблюдается тенденция к снижению применения ВПВ. Так, ВПВ, объединенный с хозяйственно-питьевым водопроводом, в 2005 г. использовался всего в 9 % случаев возгораний [2]. Еще реже используется специальный ВПВ. И причин тому несколько:

1) неспособность находящихся (в том числе, проживающих) в здании людей организовать эффективное тушение возгорания;

2) ВПВ, как специальный, так и совмещенный, находятся в неработоспособном состоянии.

Причины, по которым ВПВ оказывается в неработоспособном состоянии, могут быть самыми разными:

а) снизилось гарантированное давление на вводе в здание, вследствие изменения режимов работы и параметров наружных сетей водопровода;

б) существенно изменилась структура расходов воды в здании (причины могут быть различными);

в) не проводились либо проводились формально испытания ВПВ на водотдачу;

г) не подвергались испытаниям клапаны пожарных кранов, насосные установки, пожарные рукава или испытывались в существенно неполном объеме;

д) разукomплектованы пожарные краны (далее – ПК);

е) для зданий старой постройки гидравлические расчеты проводились на основе нормативных документов (СНиП), которые претерпели к настоящему времени существенные изменения;

ж) расходы воды через пожарные стволы оказываются существенно ниже (или выше) нормативных значений (табл. 1);

з) на основании некорректно выполненных гидравлических расчетов производится неверная оценка работоспособности ВПВ или принимаются неправильные решения о его совершенствовании [4].

Таблица 1

Расход воды на пожаротушения в зависимости от высоты компактной части струи [3]

Высота компактной части струи или помещения (номинальное s_k), м	Производительность пожарной струи, л/с	Напор у spryska пожарного ствола, м	Напор у клапана ПК, Давление у клапана ПК, бар (МПа) с рукавами длиной, м		
			10	15	20
1	2	3	4	5	6
6,02 (6)	2,5	7,87	$\frac{8,62}{0,88}$	$\frac{9,00}{0,92}$	$\frac{9,37}{0,96}$
6,47 (6)	2,6	8,52	$\frac{9,33}{0,95(0,092)}$	$\frac{9,74}{0,99(0,096)}$	$\frac{10,14}{1,03(0,10)}$
7,84 (8)	2,9	10,59	$\frac{11,59}{1,18(0,12)}$	$\frac{12,09}{1,23(0,125)}$	$\frac{12,59}{1,28(0,13)}$
9,79 (10)	3,3	13,72	$\frac{15,03}{1,53(0,151)}$	$\frac{15,68}{1,60(0,157)}$	$\frac{16,33}{1,66(0,164)}$
11,78 (12)	3,7	17,24	$\frac{18,89}{1,93(0,192)}$	$\frac{19,71}{2,01(0,196)}$	$\frac{20,54}{2,09(0,21)}$
14,24 (14)	4,2	22,22	$\frac{24,34}{2,48(0,248)}$	$\frac{25,40}{2,59(0,255)}$	$\frac{26,46}{2,70(0,263)}$
16,09 (16)	4,6	26,65	$\frac{29,20}{2,98(0,293)}$	$\frac{30,48}{3,11(0,30)}$	$\frac{31,75}{3,24(0,318)}$
18,21 (18)	5,1	32,76	$\frac{35,88}{3,66(0,36)}$	$\frac{37,44}{3,82(0,38)}$	$\frac{39,00}{3,98(0,40)}$

Примечание: в знаменателе в скобках приведены значения давления у клапана пожарного крана, МПа, из [3] (табл. 3) только для сравнения.

В основе гидравлических расчетов ВПВ лежат: формула Люгера (1895 г.) (реже Фримана, 1888 г.), связывающая высоту сплошной струи (S_b) и напор H (напор истечения) перед spryskom пожарного ствола; формула, связывающая расход через пожарный ствол и H , и формула, связывающая высоту сплошной и компактной (S_k) струй [5]. Так как при ручном счете использование этих формул представляет определенную сложность, были составлены таблицы.

Впервые таблицы, связывающие вышеуказанные величины были приведены в [5]. В этих таблицах приведены так же значения напора у ПК (после клапана ПК (КПК) по ходу движения воды). В рас-

четах принята подача воды по непрорезиненным пеньковым рукавам с удельным сопротивлением $s_0 = 0,015 \text{ с}^2/\text{л}^2$ для пожарного рукава $d = 50 \text{ мм}$. Важно отметить, что местные потери в пожарном рукаве не учитываются, так как в каждом конкретном случае число поворотов будет разным. В s_0 учтены только потери напора в соединительных гайках рукава с клапаном и стволом ПК.

В СНиП II-Г. 1-62 «Внутренний водопровод жилых и общественных зданий. Нормы проектирования» приведена таблица 15, в которой связаны S_k , производительность пожарной струи (q) и напор у КПК ($H_{\text{КПК}}$) для непрорезиненных пеньковых пожарных рукавов длиной 10 и 20 м.

Зависимость $S_k(q)$ однозначная и не зависит от диаметра КПК. В таблице же одинаковым значениям S_k для различных диаметров КПК указаны различные значения производительности пожарной струи, чего быть не может. Кроме того, напоры у КПК для некоторых S_k отличаются от точных значений на 5–6 % как в большую, так и в меньшую сторону.

В СНиП II-Г. 1-70 «Внутренний водопровод зданий. Нормы проектирования» так же приведена таблица 17, связывающая S_k , q и $H_{КПК}$, в которой уточнены значения $H_{КПК}$. В то же время сохранилась неточность из СНиП II-Г. 1-62, которая приводит к погрешности в определении $H_{КПК}$. Определяя q при заданном S_k , величину производительности струи округляют до десятичного знака, что приводит, соответственно, к изменению величины потери напора в пожарном рукаве и величины S_k . Например, для $d_{ср} = 16$ мм, $d_{КПК} = 50$ мм и $S_k = 6,0$ м, $q = 2,47$ л/с, но в таблице округлено до $q = 2,6$ л/с. Значению $q = 2,6$ л/с уже соответствует $S_k = 6,57$ м. Такая же ситуация наблюдается и для других значений q , причем, расчетное S_k бывает как больше, так и меньше приведенных в таблице. При тех же исходных данных $q = 5,1$ л/с расчетная $S_k = 18,41$ м при табличном значении $S_k = 18$ м.

Во всех последующих нормативных документах рассматриваемая таблица практически не менялась. В [3, табл. 3] вместо напора у ПК приведено давление у клапана ПК в МПа.

Приведем фрагмент наиболее часто применяемой части табл. 3 [3] для $d_{ср} = 16$ мм и $d_{КПК} = 50$ мм в несколько измененном виде, что представляется более удобным для использования.

Исходной (заданной) величиной является производительность пожарной струи (табл. 1 графа 2). Затем вычисляется напор перед спрыском $H = q^2/k^2$, где k — проводимость пожарного ствола, $k = 0,891$ л/(с·м^{0,5}) (графа 3) и потери напора в рукаве $y = s_0 l q^2$, $s_0 = 0,012$ с²/л². Для определения S_k необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{aligned} S_k &= H / [\alpha (1 + \varphi H)], \\ \varphi &= 0,25 \cdot 10^{-3} / (d + 1000d^3), \\ \alpha &= 1,19 + 80(0,01S_k^4) [3]. \end{aligned}$$

Из пяти решений выбирается только единственное действительное значение S_k (графа 1). Затем вычисляются напоры перед клапаном ПК, $H_{КПК} = H + y$ (графы 4, 5, 6).

Из данных табл. 1 видно, что расчетные S_k при некоторых q меньше требуемой высоты компактной струи, что необходимо учитывать при проектировании ВПВ. Разность между значениями напоров у клапана ПК и спрыска пожарного ствола равна потере напора в пожарном рукаве. Чаще значения давления у КПК в табл. 3 [3] незначительно занижены. Величины напора у спрыска пожарного ствола могут быть использованы при испытаниях ПК на водоотдачу, когда манометр расположен вблизи или на стволе ПК.

При использовании результатов гидравлического расчета ВПВ для аналитической оценки водоотдачи, выработки мероприятий по совершенствованию ВПВ по заданной высоте компактной части струи по табл. 3 [3] уточняются (назначаются) производительности пожарных струй [5, 6, 7], то есть фиксируются расходы через действующие пожарные стволы. На самом же деле эти расходы не могут быть фиксированы, так как они зависят от давления перед пожарным стволом. При этом результаты гидравлического расчета могут значительно отличаться от действительного потокораспределения, в связи с чем могут быть сделаны неверные

выводы о водоотдаче из пожарных стволов и работоспособности системы ВПВ. Для демонстрации ошибочности изложенного подхода, проанализируем результаты гидравлического расчета ВПВ студенческого общежития, приведенного в [4], на основании которого делается заключение о его работоспособности и предлагается совершенствовать ВПВ. Таких зданий в РФ экс-

плуатируются многие тысячи, а число пожаров в них значительное, иногда приводящие к трагическим последствиям [1], поэтому представляется важным проанализировать ошибки и недочеты, приведенного в [4] гидравлического расчета ВПВ.

Принципиальная схема объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода приведена на рисунке.

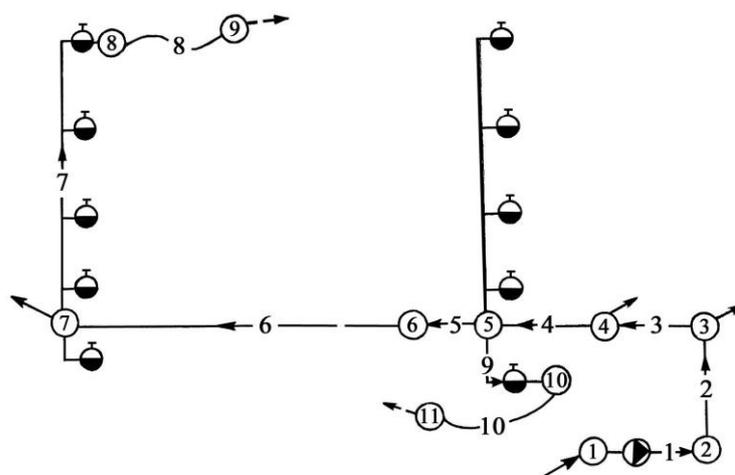


Рисунок. Схема объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода:

- ① – узел с указанием номера, стрелка означает наличие отбора или притока (пунктирная стрелка – отбор только в случае тушения пожара);
- – участок с указанием направления потока (в разрыве дуги указан номер участка);
- ⊙ – насосная станция

Исходные данные: гидравлические сопротивления участков трубопроводов s_l ($\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$) и модули местных сопротивлений (s_m ($\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$)) [8] приведены в табл. 2.

Таблица 2
Гидравлические сопротивления участков трубопроводов и модули местных сопротивлений

	Номера участков									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$s_{l,i}$	–	0,1108	0,01108	0,02216	0,01108	0,3878	0,1224	0,24	0,02216	0,24
$s_{m,i}$	0,086	0,0423	0,0082	–	0,0082	0,0185	0,1085	0,008	0,1085	0,008

Расходы на хозяйственно-питьевые нужды в узлах: $q_3 = 1,19$ л/с, $q_4 = 0,112$ л/с,

$q_6 = 0,077$ л/с, $q_7 = 1,802$ л/с. Длина пожарного рукава диаметром 50 мм равна 20 м. Пожарный ствол РС-50 с диаметром

спрыска 16 мм; проводимость пожарного ствола РС-50 $k = 0,891 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^{1/2})$. Для стального трубопровода $d = 50 \text{ мм}$ принято удельное сопротивление $s_0 = 0,01108 \text{ с}^2/\text{л}^2$ при наибольшей шероховатости.

Повысительный насос К 20/30: сопротивление насоса $s_n = 0,1473 \text{ с}^2 \cdot \text{м}/\text{л}^2$, $H_0 = 34,55 \text{ м}$ (напор при нулевой подаче). Напор на вводе водопровода 35 м.

$$-x_i + x_{i+1} = q_{i+1}, \quad i = 1, \dots, 7, \quad q_2 = q_5 = q_8 = 0, \quad (1)$$

$$x_8 = q_9, \quad q_9 = k\sqrt{u_9 - z_9}, \quad (2)$$

$$u_2 - u_1 = H_0 - y_1, \quad u_i - u_{i+1} = y_i, \quad i = 2, \dots, 8, \quad (3)$$

$$y_i = \tilde{s}_i |x_i| x_i, \quad i = 1, \dots, 8, \quad (4)$$

где x_i, y_i — расход и потери напора на участке i ; u_i — пьезометрический напор в узле i ; z_9 — геометрический напор у пожарного ствола (в узле 9); \tilde{s}_i — гидравлическое сопротивление участка i ; если учитываются местные сопротивления, то

$\tilde{s}_i = s_{l,i} + s_{m,i}$, иначе, $\tilde{s}_i = s_{l,i}$. Искомые переменные: $x_i, y_i, i = 1, \dots, 8$; $u_i, i = 2, \dots, 9$; q_9 .

При определении водоотдачи из пожарного ствола в узле 11 (ближайшем к вводу) решается система уравнений:

$$-x_i + x_{i+1} = q_{i+1}, \quad i = 1, \dots, 5, 9; \quad -x_5 - x_9 + x_4 = 0, \quad x_6 = q_7, \quad q_2 = q_5 = q_{10} = 0, \quad (1')$$

$$x_{10} = q_{11}, \quad q_{11} = k\sqrt{u_{11} - z_{11}}, \quad (2')$$

$$u_i - u_{i+1} = y_i, \quad i = 2, \dots, 6, 9, \quad u_2 - u_1 = H_0 - y_1 \quad \text{и} \quad u_5 - u_{10} = y_9, \quad (3')$$

$$y_i = \tilde{s}_i |x_i| x_i, \quad i = 1, \dots, 6, 9, 10. \quad (4')$$

Результаты гидравлического расчета (решения систем уравнений), характеризующие подачу насоса и водоотдачу из соответствующего ПС (диктующего и наиболее далеко/близко расположенного к пожарной насосной установке (ПНУ) приведены в табл. 3. Напор, или пьезометрическая высота [10] в узле i определяется по формуле

$H_i = u_i - z_i$, где z_i — геометрический напор в узле i .

Целью проведенных расчетов является проверка соответствия существующего объединенного противопожарного водопровода, эксплуатирующегося продолжительное время, определенным в актуализированных нормативных документах требованиям.

Таблица 3

Результаты гидравлических расчетов при различных вариантах пожаротушения

Номер варианта	Описание режима	Напор после ПНУ H_2 , м	χ_1 , л/с ($M^3/ч$)	Расход через ПС 9, л/с	Расход через ПС 11, л/с	Напор (м) после клапана ПК 8 / перед ПС 9	Напор (м) после клапана ПК 10 / перед ПС 11	Потери напора на уч-ке 1–9: по длине местные* м	Потери напора на уч-ке 1–11 по длине местные м	Высота компактной струи, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ДПК 9, ПНУ[4]		5,681	2,5	—	$\frac{10,0}{7,87}$	—	16,08	—	6,0
2	ДПК 9, ПНУ, без местн. сопр.	61,70	7,29 (26,25)	4,11	—	$\frac{25,40}{21,33}$	—	$\frac{23,12}{—}$	—	13,82
3	ДПК 9, ПНУ с местн. сопр.	58,70	6,88 (24,77)	3,70	—	$\frac{37,20}{34,03}$	—	$\frac{22,68}{8,75}$	—	11,8
4	ПС 11, ПНУ с местн. сопр.	54,0	8,16 (29,40)	—	4,98	—	$\frac{37,42}{31,21}$	—	$\frac{15,46}{11,83}$	17,74
5	ПС 11, ПНУ $H_1 = 45,0$ м	62,38	8,58 (30,90)	—	5,4	—	$\frac{43,92}{36,70}$	—	$\frac{17,58}{13,29}$	19,35

Вариант 1. Приведены результаты расчета из [4]. Расход через ПС 9 принят по табл. 3 [3]. Принципиальная ошибка в приведенном гидравлическом расчете состоит в том, что расход через диктующий ПК, как и через любой другой ПК, определяется не по табл. 3 [3], а в результате гидравлического расчета (с нефиксированными отборами через ПС). Так же по результатам расчета определяются подача и напор ПНУ, напоры у задействованных ПК и ПС и высота компактной части струи). Система уравнений (1)–(4) в этом случае не имеет решения, так как число уравнений больше числа неизвестных. Авторы [4] фактически исключили часть уравнений, что и позволило получить некоторое «решение», не имеющее отношения к реальной системе ВПВ.

Вариант 2. Напор на вводе соответствует гарантированному; включена ПНУ и принята максимальная шероховатость трубопроводов; пожаротушение осуществляется через диктующий ПС 9. Расходы на хозяйственно-питьевые нужды приняты, как и в [4].

Расход пожарной струи через ПС 9 составляет 4,11 л/с, что более чем на 60 % отличается от требуемого (принятого в расчете варианта 1). Потери напора от ввода до пожарного ствола составляют 23,12 м, что существенно превышает потери по варианту 1.

Вариант 3. Исходные данные те же, что и во втором варианте, но учитываются местные потери. Местные потери составляют 39 % от потерь по длине, что значи-

тельно превышает рекомендуемую величину (15 %) в [2]. Производительность пожарной струи существенно превышает требуемую.

Вариант 4. Пожаротушение осуществляется через ПС 11 (ближайший к вводу, расположенный на первом этаже). Подача насоса – $29,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. рабочая точка находится за правой границей рабочей зоны (насос либо отключится, либо выйдет из строя). Скорость воды на участках 1, 2 равна $4,2 \text{ м/с}$, что превышает допустимую ($3,0 \text{ м/с}$). Производительность пожарной струи через ПС 11 равна $4,98 \text{ л/с}$, что практически вдвое превышает требуемую. Местные потери напора составляют 77 % от потерь по длине. Примерно такие же значения (и отклонения) получаются, если пожаротушение будет осуществляться из ПС этого же стояка на 2-м или 3-м этажах. Из результатов этого расчета следует, что вывод, сделанный в [4], неверен, так как рабочая точка (насоса) вышла за границы рабочей зоны.

Вариант 5. Исходные данные те же, что и в варианте 4, но напор на вводе составляет 45 м (что вполне допустимо). Рабочая точка так же находится за границей рабочей зоны. Местные потери напора составляют 76 % от потерь по длине.

Для исключения избыточных расходов через действующие ПС и введения рабочей точки в рабочий диапазон характеристики насоса достаточно установить диафрагмы после всех клапанов ПК с диаметром отверстия 15 мм. В этом случае через ПС 9 расход составит $2,5 \text{ л/с}$, а через ПС 11 — $3,07 \text{ л/с}$. При этом доля местных сопротивлений относительно потерь по длине возрастет. В этом случае система ВПВ будет работоспособной при любых режимах.

Для эффективного тушения возгораний необходимо использовать современные универсальные ручные стволы с кольцевыми распыляющими насадками [13], которые имеют не только более высокую производительность струи, но и позволяют защитить участника тушения возгорания

от теплового воздействия и отравляющих веществ (частично). Формула для определения расхода через пожарный ствол имеет вид

$$q = 13k_1(R^2 - r^2)\sqrt{H},$$

где R – радиус корпуса пожарного ствола, м; r – радиус сердечника, м; k_1 – конструктивный коэффициент насадка.

В настоящее время производители не предоставляют информацию о параметрах универсальных стволов, что не позволяет их применять обоснованно. Кроме того, в этом случае какое-либо использование табл. 3 [3] недопустимо.

Существует достаточно простой некоммерческий ПВК «ИСИГР» (интерен-система гидравлических расчетов), позволяющий в любой момент произвести необходимые гидравлические расчеты совмещенного либо специального ВПВ.

Заключение

1. Для оценки работоспособности как совмещенного, так и специального противопожарного водопровода, необходимо выполнять, согласно регламенту, испытания на водоотдачу пожарных кранов ВПВ, в том числе и пожарных насосных установок. При числе пожарных струй более двух провести синхронно испытания на водоотдачу пожарных кранов технически не просто, и, особенно, получить достоверные результаты. В этом случае необходимо дополнительно проводить гидравлические расчеты, на основании которых можно более объективно оценить работоспособность ВПВ.

2. Местные потери напора необходимо учитывать не процентами от потерь напора по длине, а непосредственно включать их в потери напора на соответствующих участках, так как их величина может составлять от нескольких десятков до сотен процентов.

3. При испытаниях на водоотдачу пожарных кранов необходимо оценивать

не только производительности пожарных струй и давление после пожарного клапана (либо перед пожарным стволом), но и, при

наличии пожарной насосной установки, подачу насоса, а также давление до и после него.

Литература

1. Терещнев В. В., Артеиьев Н. С., Подгрушный А. В. Пожаротушение в жилых и общественных зданиях. М., 2009. Т. 35. 207 с.
2. Внутренний противопожарный водопровод / Л. М. Мешман и др. М, 2010. 496 с.
3. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. М., 13 с.
4. Чибинев Н. б Н., Середина А. В., Пашкова И. А. Совершенствование внутреннего противопожарного водоснабжения в студенческих общежитиях // Водоснабжение и сан. техника. 2019. № 10.
5. Лобачев В. Г. Противопожарное водоснабжение. М.–Л., 1950.
6. Абросимов Ю. Г. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. М., 2003. 392 с.
7. Прудникова В. Е., Уйманова М. Ю., Путько А. В. Оценка надежности противопожарного водоснабжения общественного здания // Новые идеи нового века – 2017: мат. XVII международной научной конференции: в 3 т. / Тихоокеан. гос. ун–т. – Хабаровск, 2017. Т. 3. С. 345–350.
8. Курганов А. М., Федоров Н. Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения. Л., 1986. 440 с.
9. Баранчикова Н. И. и др. Гидравлический расчет установок автоматического пожаротушения, совмещенных с внутренним противопожарным водопроводом // Водоснабжение и сан. техника. 2019. № 10. С. 23–8.
10. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). М., 2014. 704 с.
11. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. 13 с.
12. Баранчикова Н. И., Епифанов С. П., Зоркальцев В. И. Методика гидравлического расчета систем автоматического пожаротушения // Вода и экология. 2018. № 2(74).
13. Малютин О. С. Определение расчетных значений расхода воды из современных универсальных ручных пожарных стволов с кольцевыми распыляющими насадками // Техносферная безопасность. 2017. № 3 (16).
14. Епифанов С. П., Зоркальцев В. И. Задача потокораспределения с нефиксированными отборами // Водоснабжение и сан. техника. 2009. № 9.
15. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. 13 с.

References

1. Terebnev V. V., Artei'yev N. S., Podgrushnyy A. V. Pozharotusheniye v zhilykh i obshchestvennykh zdaniyakh. M., 2009. T. 35. 207 s.
2. Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod / L. M. Meshman et al. M, 2010. 496 s.
3. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti. M., 13 p.
4. Chibinev N. N., Seredina A. V., Pashkova I. A. Sovershenstvovaniye vnutrennego protivopozharnogo vodosnabzheniya v studencheskikh obshchezhitiyakh // Vodosnabzheniye i san. tekhnika. 2019. № 10.
5. Lobachev V. G. Protivopozharnoye vodosnabzheniye. M.–L., 1950.
6. Abrosimov YU. G. et al. Gidravlika i protivopozharnoye vodosnabzheniye. M., 2003. 392 p.
7. Prudnikova V. Ye., Uymanova M. YU., Put'ko A. V. Otsenka nadezhnosti protivopozharnogo vodosnabzheniya obshchestvennogo zdaniya // Novyye idei novogo veka – 2017: mat. XVII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: v 3 t. / Tikhookean. gos. un-t. – Khabarovsk, 2017. T. 3. P. 345–350.
8. Kurganov A. M., Fedorov N. F. Gidravlicheskiye raschety sistem vodosnabzheniya i vodo-otvedeniya. L., 1986. 440 p.
9. Baranchikova N. I. et al. Gidravlicheskiy raschet ustanovok avtomaticheskogo pozharotusheniya, sovmeshchennykh s vnutrennim proti-vopozharnym vodoprovodom // Vodosnabzheniye i san. tekhnika. 2019. № 10. P. 23–8.
10. Girgidov A. D. Mekhanika zhidkosti i gaza (gidravlika). M., 2014. 704 p.
11. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti. M., 13 p.
12. Baranchikova N. I., Yepifanov S. P., Zorkal'tsev V. I. Metodika gidravlicheskogo ras-cheta sistem avtomaticheskogo pozharotusheniya // Voda i ekologiya. 2018. № 2 (74).

13. Malyutin O. S. Opredeleniye raschetnykh znacheniy raskhoda vody iz sovremennykh uni-versal'nykh ruchnykh pozharnykh stvolov s kol'tsevymi raspylyayushchimi nasadkami // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2017. № 3 (16).

14. Yepifanov S. P., Zorkal'tsev V. I. Zadacha potokoraspredeleniya s nefiksirovannymi otborami // Vodostabzheniye i san. tekhnika. 2009. № 9.

15. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti. M., 13 p.