

Методика гидравлического расчета трубопроводной сети установок водяного и пенного пожаротушения



Мисюкевич Н.С.,
кандидат технических наук, доцент

Методика расчета установок пожаротушения водой, пеной низкой и средней кратности, приведенная в ТКП 45-2.02-190-2010, имеет упущения, затрудняющие ее применение для гидравлического расчета трубопроводной части установок: применение принципа выбора диаметра оросителя в диктующей (наиболее удаленной от водопитателя) точке; определение диаметра трубопровода на участке; расчет коэффициента подобия рядков; определение гидравлических потерь при применении пенообразователей (неньютоновских жидкостей); создание систем дозирования с хранением пенообразователя в неразбавленном виде.

В статье даются необходимые, отсутствующие в ТКП 45-2.02-190-2010 и технической документации, формулы для расчета и справочные данные.

Исходные данные: отличие требований в Беларуси и России

Исходными данными для расчета являются параметры, приведенные в таблицах приложения Б ТКП 45-2.02-190-2010: группы помещений (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от их функционального назначения и пожарной нагрузки; интенсивность орошения; максимальная площадь, контролируемая одним спринклерным оросителем, площадь пожара для расчета расхода воды, раствора пенообразователя; продолжительность работы; максимальное расстояние между спринклерными оросителями или тепловыми замками.

Для расчета важны гидравлические характеристики оросителей, трубопроводов и оборудования. Следует учитывать, что **схожие по конструкции спринклеры и дренчеры** отличаются лишь наличием (спринклеры) или отсутствием (дренчеры) клапана, закрывающего выходное отверстие. При работе они **будут иметь одинаковые гидравлические характеристики**. В таблицах приложения Б ТКП 45-2.02-190-2010 указана лишь максимальная площадь, контролируемая одним спринклерным оросителем и максимальное расстояние между ними. Однако, это относится также и к дренчерным оросителям. **Площадь пожара для расчета расхода воды, раствора пенообразователя спринклерных установок в Республике Беларусь** оставлена в соответствии со старыми нормами, **вдвое больше чем в Российской Федерации** (таблица 5.1 СП 5.13130.2009 Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические), что ведет соответственно к удорожанию строительства.

Определение параметров и выбор оросителя в диктующей точке

Гидравлический расчет трубопроводной сети начинают из диктующей точки¹.

Минимальный расчетный расход воды, раствора пенообразователя $Q_{\text{д}}$, л·с⁻¹, определяется **исходя из одновременного выполнения условий: обеспечения нормальной работы оросителя (генератора) и нормативной интенсивности тушения**.

Расчетный расход воды, раствора пенообразователя $Q_{\text{д}}$, л·с⁻¹, через ороситель (генератор) следует определять по формуле

$$Q_{\text{д}} = k \sqrt{H}, \quad (1)$$

где k — коэффициент производительности оросителя (генератора), принимаемый по технической характеристике; H — свободный напор перед оросителем (генератором), м, (принимается минимальным).

Расход воды, раствора пенообразователя $Q_{\text{д}}$, л·с⁻¹, необходимый для достижения огнетушащего эффекта следует определять по формуле

$$Q_{\text{д}} = I \cdot S_{\text{о}}, \quad (2)$$

где I — нормативная интенсивность подачи, л·с⁻¹·м⁻²; $S_{\text{о}}$ — площадь, защищаемая оросителем (генератором), м².

Фактический расход в диктующей точке $Q_{\text{д}}$ должен быть не менее значения, определенного по формулам (1) и (2). Свободный напор перед оросителем должен находиться в пределах величин (максимальных и минимальных), установленных технической документацией.

Для оптимизации значений расхода и напора в диктующей точке необходимо проверить их возможные изменения при изменении диаметров выходных отверстий оросителей (генераторов) — изменении номенклатуры применяемых технических изделий. Если для выбранного наугад оросителя **расход по формуле (1) существенно больше расхода по формуле (2), необходимо выбрать ороситель с меньшим диаметром выходного отверстия**, если существенно меньше — выбрать ороситель с большим диаметром выходного отверстия. Если расход, полученный по формуле (1), несущественно меньше расхода по формуле (2), можно напор в диктующей точке принять несколько больше минимального для удовлетворения условию (2). **Напор в диктующей точке** определяем по формуле

$$H = \frac{Q_{\text{д}}^2}{k^2}, \quad (3)$$

Определение диаметров трубопроводов

Диаметры трубопроводов следует определять гидравлическим расчетом, при этом скорость движения воды и раствора пенообразователя в трубопроводах v , м·с⁻¹, должна приниматься не более 10 м·с⁻¹. Минимально необходимые **значения диаметров трубопроводов** рассчитываем по формуле

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{д}}}{\pi \cdot v \cdot 10^3}}, \quad (4)$$

где d — диаметр трубопровода, м; $Q_{\text{д}}$ — расход воды, раствора пенообразователя на расчетном участке трубопровода, л·с⁻¹.

При выборе трубопроводов стандартных диаметров по таблице Г.1 ТКП 45 2.02 190 2010, выбираем трубопроводы внутренние диаметры которых не менее расчетных.

Потери напора воды и раствора пенообразователя необ-

¹ Диктующая точка — наиболее удаленное от источника водоснабжения место подключения водопотребителя (оросителя, генератора).

ходимо учитывать в зависимости от вида жидкости, которая будет транспортироваться по трубопроводу. Разные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) снижают гидродинамическое сопротивление при движении жидкости по трубопроводам по-разному.

Потери напора воды на расчетных участках трубопроводов h , м, определяем по формуле

$$h = \frac{Q_y^2 \cdot l_y}{k_m}, \quad (5)$$

где k_m — коэффициент проводимости трубопровода, принимаемый по таблице Г.1 ТКП 45 2.02 190 2010; l_y — длина расчетного участка трубопровода, м.

Определение потерь напора при применении растворов пенообразователей (неньютоновских жидкостей)

Потери напора раствора пенообразователя на расчетных участках трубопроводов h_{no} , м, определяем по формуле

$$h_{no} = N_o \cdot k_p \cdot \frac{l_o}{r \cdot g \cdot d^a} Q_{nc}^b, \quad (6)$$

где N_o — критерий неньютоновского поведения раствора пенообразователя; k_p — степень консистенции раствора; Q_{nc} — расчетный расход раствора пенообразователя, м³·с⁻¹; r — плотность, кг·м⁻³; g — ускорение свободного падения, м·с⁻²; a и b — коэффициенты.

Значения коэффициентов a , b , степени консистенции раствора k_p и критерия неньютоновского поведения N_o для рабочих растворов различных пенообразователей, сертифицированных на территории Республики Беларусь, получены в 2008 году при выполнении работ по теме №ГР20081497 государственной программы прикладных исследований «Снижение рисков чрезвычайных ситуаций», приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристики пенообразователей, сертифицированных в Республике Беларусь				
Наименование пенообразователя	a	b	$k_p \cdot 10^3$	N_o
Пенообразователи общего назначения (6%)				
«Синтек»	5,98	1,66	1,10	160
ПО-ЗНП	5,90	1,63	0,90	150
ПО-6ТС марка А	5,90	1,63	0,90	150
ПО-6ТС марка В	5,80	1,60	1,30	140
ТЭАС	5,62	1,54	1,33	125
Эффект ПО-1	5,85	1,61	0,65	145
ПО-6НВ эффект	5,20	1,40	1,91	93
ПО-6ОСТ марка 1	5,62	1,54	1,33	125
ПО-6ОСТ марка 2	5,62	1,54	1,33	125
Пенообразователи целевого назначения (6%)				
«Барьер пленкообразующий» модификаций 1Н, 3Н, 6Н	5,80	1,60	1,300	140
«Барьер пленкообразующий» модификаций 1НС, 3НС, 6НС	5,74	1,58	1,300	135
«Барьер пленкообразующий» модификаций 3НС П, 6НС П	5,34	1,45	2,690	102
«Фтропен»	5,80	1,60	1,300	140
Барьер-612	5,73	1,58	0,708	133

Общая схема проведения расчетов

Для удобства представления последовательность расчета показана на схеме.



Вначале выбирается тип оросителя (генератора) и рассчитываются его гидравлические параметры. Затем определяются потери напора на участке трубопровода от первого оросителя до второго. Напор у второго оросителя определяем по формуле

$$H_2 = H_1 + h_{1-2}, \quad (7)$$

где H_1 — напор перед первым оросителем (генератором), м; H_2 — напор перед вторым оросителем (генератором), м; h_{1-2} — потери напора на участке трубопровода от первого до второго оросителя (генератора), м.

Дальнейший расчет ветки от одного оросителя (генератора) до другого идет по представленному циклу. В формулу (1) подставляем значение напора у второго оросителя и получаем расход из второго оросителя. При этом расход, подаваемый через участок от второго до третьего оросителя (генератора) определяем по формуле

$$Q_{2-3} = Q_1 + Q_2, \quad (8)$$

где Q_1 — расход из первого оросителя (генератора), л·с⁻¹; Q_2 — расход из второго оросителя (генератора), л·с⁻¹.

Определив диаметр трубопровода к третьему оросителю, дальше расчет ведем с использованием ранее представленных формул.

Определение коэффициента для рядка (ветки) и потерь напора в рядке (ветке)

Если к питающему трубопроводу подключаются две симметричные ветки, то их гидравлические параметры схожи. Расход из рядка определяем как удвоенный расход из рассчитанной ветки. Дальнейший расчет можно упростить, определив коэффициент пропорциональности ветки (рядка) B_p . **При одинаковой конструкции как оросителей, применяемых в помещении, так и веток (рядков), расход из них будет пропорционален напору на входе.** Определим коэффициент подобия ветки (рядка) B_p по формуле

$$B_p = \frac{Q_{1p}^2}{H_{1p}}, \quad (9)$$

где Q_{1p} — расход из первого рядка (ветки), л·с⁻¹; H_{1p} — напор в точке присоединения первого рядка (ветки) к питающему трубопроводу, м.

Диаметр питающих трубопроводов между ветками (рядками) определим по формуле (4). Расход из второго Q_{2p} , л·с⁻¹, и последующего рядков (веток) определим по формуле

$$Q_{2p} = \sqrt{B_p \cdot H_{2p}}, \quad (10)$$

где H_{2p} — напор в точке присоединения второго рядка (ветки) к питающему трубопроводу, м.

Потери напора в узлах управления h_{yy} , м, определяются по формуле

$$h_{yy} = e \cdot Q_{yy}^2, \quad (11)$$

где e — коэффициент потерь напора в узле управления, принимается по технической характеристике клапана управления; Q_{yy} — расход воды, раствора пенообразователя через узел управления, л·с⁻¹.

Напор насоса для подачи воды определим по формуле

$$H_n = H + h_{сумм} + z, \quad (12)$$

где H_n — напор насоса для подачи воды, м; $h_{сумм}$ — суммарные потери напора в сети, м; z — высота подъема жидкости от насоса до узла управления, м.

Расчетный напор для насоса допускается до 100 м. При большем значении расчетного напора необходимо принять меры по его снижению в трубопроводах. Для снижения потерь напора рекомендуется экономически целесообразное увеличение диаметров трубопроводов и/или кольцевание трубопроводных сетей.

Определение диаметра дозирующей шайбы (для системы дозирования)

При применении для системы дозирования пенообразователя дозирующей шайбы ее диаметр d_w , м, определяют по формуле

$$d_w = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{no}}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}}}, \quad (13)$$

где μ — коэффициент расхода, определяемый по справочным данным для конкретного типа насадков (дозировочных шайб) или экспериментальным путем (обычно в расчетах принимается коэффициент расхода равным 0,6 для насадков, 0,62 — для дозирующих шайб); ΔH — превышение напора, создаваемого насосом-дозатором при расходе Q_{no} , над напором, создаваемым насосом для подачи воды, м. ■