

УДК 699.8

DOI: 10.46548/21vek-2020-0950-0001

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

© 2020

Соколова Екатерина Владимировна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Емельянова Виктория Александровна, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Северо-Кавказский федеральный университет

(355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1, e-mails: sokolova0584@mail.ru, stavropol-nc@mail.ru)

Аннотация. Пожары, возникающие на промышленных объектах, нередко сопровождаются гибелью людей и значительными материальными потерями. Качественное проектирование системы противопожарного водоснабжения – это одно из основополагающих условий надежной подачи огнетушащих веществ на пожаротушение, что способствует эффективной борьбе с возгоранием. Объекты, которые в процессе своего функционирования потребляют значительное количество воды и имеют сложные комбинированные системы водоснабжения, обязывают специалистов разрабатывать оптимальные инженерно-технические решения, как для изыскания дополнительных источников воды, так и для системы ее распределения, что позволит повысить оперативность пожаротушения. Развитие системы водоснабжения повышает противопожарную защиту посредством бесперебойного и достаточного обеспечения водой системы специального пожаротушения верхнего и нижнего контура, системы пенного специального пожаротушения и других элементов активной защиты от пожаров и взрывов. Однако анализ результатов проверок свидетельствует о том, что существуют отступления от действующих нормативных требований, в основном касающиеся именно достаточности запаса воды для тушения пожара и размещения средств пожаротушения. Поэтому исследование различных аспектов оптимизации системы противопожарного водоснабжения является крайне значимым и актуальным направлением повышения безопасности функционирования предприятия.

Ключевые слова: химически опасный объект, защищенность, противопожарная защита, бесперебойное пожаротушение, система противопожарного водоснабжения, безопасность.

IMPROVEMENT OF FIRE PROTECTION OF THE PRODUCTION SECTION OF A CHEMICALLY DANGEROUS OBJECT

© 2020

Sokolova Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences,
associate Professor of the department of Emergency protection

Emelyanova Victoria Alexandrovna, candidate of economic Sciences,
associate Professor of the department of Emergency protection

North Caucasus Federal University

(355017, Russia, Stavropol, Pushkina st., 1, e-mails: sokolova0584@mail.ru, stavropol-nc@mail.ru)

Abstract. Fires that occur at industrial sites are often accompanied by death and significant material losses. The high-quality design of the fire water supply system is one of the fundamental conditions for the reliable supply of extinguishing agents for fire fighting, which contributes to the effective fight against fire. Objects that consume a significant amount of water during operation and have complex combined water supply systems force specialists to develop optimal engineering and technical solutions both for finding additional sources of water and for its distribution system, which will increase the fire combat readiness. The development of the water supply system enhances fire protection due to uninterrupted and sufficient water supply of a special fire extinguishing system of the upper and lower circuits, a special foam fire extinguishing system and other elements of active protection against fires and explosions. However, an analysis of the results of inspections shows that there are deviations from the current regulatory requirements, mainly regarding the adequacy of water supply to extinguish a fire and the placement of fire extinguishing means. Therefore, the study of various aspects of optimizing the fire water supply system is an extremely significant and relevant direction for improving the safety of the enterprise.

Keywords: chemically hazardous facility, security, fire protection, uninterrupted fire extinguishing, fire water supply system, safety.

Введение. На территории России насчитывается около 2 тысяч химически опасных объектов (ХОО), среди которых немалая доля приходится на предприятия нефтехимической отрасли. При планировании деятельности объекта проекты предусматривают различные сценарии чрезвычайных ситуаций, но

расчет проводится по наихудшему из них. Аварии и катастрофы на ХОО могут привести к массовым поражениям людей и загрязнению природной среды. В условиях роста количества обрабатываемых на рассматриваемых объектах аварийно химически опасных веществ (АХОВ), обладающих пожаро-

и взрывоопасными свойствами, формируются предпосылки возникновения более тяжелых последствий аварий – пожаров и взрывов. Поэтому проблема обеспечения пожарной безопасности на химически опасных объектах является актуальной. Необходимость пересмотра взглядов на повышение защищенности подобных объектов рассмотрена на примере нефтехимического предприятия, основным видом выпускаемой продукции которого является гранулированный полиэтилен низкого давления. Оно относится к опасным производственным объектам (ОПО) первой степени химической опасности [1, 2], значительная часть зданий которого относится к категории А и Б по пожарной опасности [3]. Поэтому обеспечение эффективной и надежной системы противопожарной защиты [4] на подобных объектах является крайне важной задачей, позволяющей свести к минимуму количество погибших и пострадавших, а также возможный материальный и экологический ущерб.

Целью работы является определение параметров достаточности системы водоснабжения ХОО для обеспечения его противопожарной защиты.

Материалы и результаты исследования. За прошедший год проведена 31 проверка соблюдения обязательных требований пожарной безопасности в цехах и подразделениях предприятия. В результате было предложено к исполнению более 460 противопожарных мероприятий, повышающих степень пожарной безопасности объекта, таких как [5-10]:

1. Необходимо предусмотреть самостоятельную систему водопровода высокого давления поста для обеспечения работы лафетных стволов. Имеющаяся система не может обеспечить необходимое давление в 40 м. вод. ст. у спрыска лафетного ствола. Кроме того, недопустима эксплуатация системы объединенного хозяйственно-питьевого, противопожарного водопровода при давлениях превышающих 60 м. вод. ст.

2. Необходимо предусмотреть размещение средств пожаротушения вдоль автомобильной дороги, соединяющей производственный объект с городом.

3. Предусмотреть в насосной станции объединенного хозяйственно-питьевого, противопожарного водопровода для нужд пожаротушения резервный насосный агрегат или организовать пожаротушение площадок таким образом, чтобы один из существующих насосов был резервным.

4. Для работы насосных спецпожаротушения необходимо обеспечить объем воды не менее чем в 4500 м³.

5. Необходимо обеспечить на складе СУГ орошение каждого резервуара не менее чем двумя струями или предусмотреть кольца орошения. Это потребует монтажа дополнительных лафетных стволов.

6. Каждая точка на сливной эстакаде СУГ со стороны ж/д ветки должна орошаться не менее чем двумя струями лафетных стволов.

7. Для защиты емкостей склада ЛВЖ предусмотреть устройство пеногенераторов в количестве не менее

двух штук.

8. Для сливной эстакады мазутного хозяйства предусмотреть стационарные средства пожаротушения необходимые по нормативам.

9. Предусмотреть установку кнопок автоматического запуска пожарных насосов спецпожаротушения на сливных эстакадах СУГ, ЛВЖ, мазутного хозяйства.

10. Предусмотреть для хранения пенообразователя не менее двух резервуаров.

11. Предусмотреть резервный насосный агрегат системы пенотушения.

В целом система противопожарного водоснабжения предприятия является работоспособной и находится в удовлетворительном состоянии. Вместе с тем существуют отступления от действующих нормативных требований, в основном касающихся достаточности запаса воды для тушения пожара [11, 12]. За анализируемый период на объекте произошло 16 порывов на хозяйственно-питьевом трубопроводе и 19 порывов на трубопроводе системы пожаротушения (из них 13 по воде и 6 по пене).

Территорию объекта по распределению требуемого количества воды для нужд пожаротушения возможно разделить на участки, для каждого из которых необходимо различное количество средств пожаротушения. Площадь предприятия составляет 1,32 км², поэтому принимается, что возможно одновременное возникновение и развитие одного пожара на каком-либо из объектов. Наиболее опасными и требующими максимального количества средств являются складские площадки СУГ, ЛВЖ, а так же технологические установки производств.

Одним из мероприятий по совершенствованию системы пожаротушения является одновременное использование для тушения пожаров в складском хозяйстве насосных станций пожаротушения верхнего и нижнего контуров, т.к. для тушения пожара недостаточно расхода воды от одной станции верхнего контура (имеется 111,1 л/с, требуется не менее 206,4 л/с) [13, 14].

На этажах складских помещений расположены внутренние пожарные краны в количестве 28 шт, $P_{\text{раб}} = 4-5 \text{ кг/см}$, при пожаре – до 12 кг/см.

Ближайшие водоисточники – ПГ-92-40 м, ПГ-94-25 м, ПГ-95-25 м, ГТГ-100-15 м, ПГ-99-15 м, установлены на кольцевом противопожарном трубопроводе $D = 200 \text{ мм}$, $Q = 163 \text{ л/с}$

На внутреннее пожаротушение требуется две струи с расходом по 5 л/с [15], таким образом $Q_{\text{вн.}} = 2 \times 5 \times 10^{-3} = 10 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Радиус компактной части струи (R_k) с углом наклона (α) 60° на высоте 1,35 м. над полом в помещении высотой 7 м. определяется по формуле (1) [16, 17]:

$$R_k = \frac{T - 1,35}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$$R_k = \frac{7 - 1,35}{\sin 60^\circ} = 18,83 \text{ м.}$$

Расход пожарной струи более 4 л/с, поэтому водопроводная сеть должна быть оснащена пожарными

кранами диаметром 65 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм и рукава (l_p) длиной 20 м [18] с напором у пожарного крана (НПК.) 19,9 м, а компактная часть струи $R_k = 12$ м. Этому условию соответствуют краны РПТК-МДУ-65.

При орошении каждой точки помещения шириной (B) 36 м рукавами длиной (l) 20 м двумя струями ($k = 1$) расстояние между пожарными кранами определяется по формуле (2) [19]:

$$L_{kp} = k \sqrt{\left(\frac{R_k}{2} + l_p\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$L_{kp} = 1 \sqrt{\left(\frac{12}{2} + 20\right)^2 - \left(\frac{36}{2}\right)^2} = 18,8$$

На рисунке 1 представлена схема расчета расстояния между пожарными кранами.

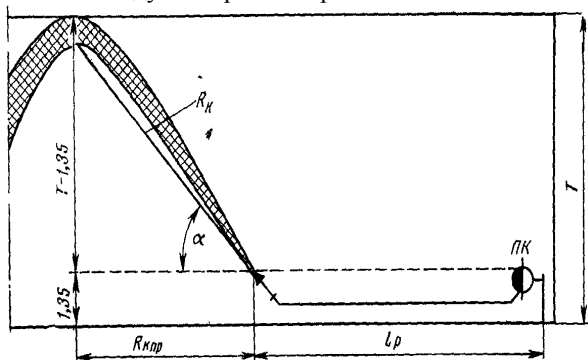


Рисунок 1 – Схема расчета расстояния между пожарными кранами

При таком расстоянии требуется установить 28 пожарных кранов.

Вероятность действия приборов при максимальном расходе одного из них (q_0) 2×10^{-3} м³/с, если норма расхода воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления (Q_v) 9,4 л/ч при 12 одинаковых потребителях (U) и общем количестве приборов (N) 10, определяется по формуле (3) [20]:

$$P = \frac{Q_v \times U}{3600 \times q_0 \times N} \quad (3)$$

$$P = \frac{9,4 \times 12}{3600 \times 0,2 \times 10} = 0,016$$

Максимальный расход воды (q) при коэффициенте (α), учитывающем число приборов, вероятность их действия и использования (0,773) определяется по формуле (4):

$$q = 5 \times q_0 \times \alpha \quad (4)$$

$$q = 5 \times 0,2 \times 10^{-3} \times 0,773 = 0,773 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Величины расхода воды в точках 1 и 4:

$$q_1 = q_4 = \frac{q}{2} = \frac{0,773 \times 10^{-3}}{2} = 0,386 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Распределим сосредоточенные расходы по участкам магистральной сети, принимая за диктующую точку – точку 3 (рис. 2).

Диаметры труб с учетом расчетного расхода воды (Q) при скорости ее движения 1,5 м/с определяется по формуле (5):

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (5)$$

Диаметр труб на участке 0 – 1 с максимальным расходом $6,086 \times 10^{-3}$ м³/с:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 6,086 \times 10^{-3}}{3,14 \times 1,5}} = 0,072 \text{ м}.$$

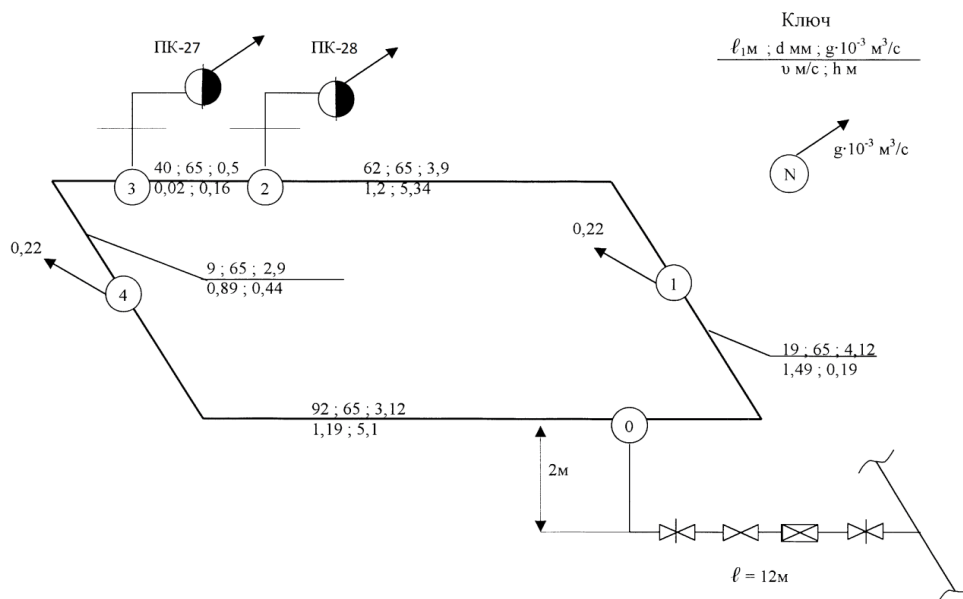


Рисунок 2 – Расчетная схема внутреннего водопровода

Диаметр труб для вводов с максимальным расходом $11,17 \times 10^{-3}$ м³/с:

$$d_{BV} = \sqrt{\frac{4 \times 11,17 \times 10^{-3}}{3,14 \times 1,5}} = 0,097 \text{ м}.$$

Принимаем трубы стальные диаметром 80 мм для магистральной сети и трубы чугунные диаметром 100 мм для вводов.

Расчет кольцевой магистральной сети определяется

с учетом поправочного коэффициента (δ), удельного сопротивления труб (A) и длины участка трубы (l) по формуле (6):

$$h = \delta \times A \times l \times q^2$$

Средняя скорость воды в трубе определяется по формуле (7):

$$V = \frac{q}{785 \times d^2}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчётов внутреннего водопровода

Участок сети	l , м	d , м	h , м	q , л/с	A	δ	V , м/с
0 – 1	18	0,08	1,21	6,086	0,00117	1	1,21
1 – 2	50	0,08	4,23	5,7	0,00117	1,011	1,13
2 – 3	16	0,08	0,007	0,5	0,00117	1,5	0,10
0 – 4	60	0,08	-4,74	5,086	0,00117	1,03	1,01
4 – 3	48	0,08	-1,42	4,7	0,00117	1,037	0,93

Средние потери напора в сети (табл. 2) определяют по формуле (8) с использованием данных таблицы 1:

$$h_{cp} = \frac{(h_{0-1} + h_{1-2} + h_{2-3}) + (h_{0-4} + h_{4-3})}{2} \quad (8)$$

$$h_{cp} = \frac{(1,21 + 4,23 + 0,007) + (4,74 + 1,42)}{2} = 5,8 \text{ м.}$$

Данному условию соответствует водомер на пропуск расчетного ВВ-80.

Таблица 2 – Расчёт потери напора воды на различных точках и участках водопроводной сети

Показатель потери напора воды	Формула расчета	Расчет
Потери напора в водомере	$h_{вод} = S \times Q^2_{расч.}$	$h_{вод} = 2,07 \times 10^3 \times (11,17 \times 10^{-3})^2 = 0,26 \text{ м.}$, что меньше допустимой величины 2,5 м.
Потери напора в пожарном стояке	$h_{ст} = A \times l_{ст} \times Q^2$	$h_{ст} = 454,3 \times 7,35 \times (5,2 \times 10^{-3})^2 = 0,09 \text{ м.}$
Потери напора на вводе	$h_{вв} = A \times l_{вв} \times Q^2$	$h_{вв} = 311,7 \times 14 \times (11,17 \times 10^{-3})^2 = 0,54 \text{ м.}$
Потери напора в сети на расчетном направлении 0-ПК-27	$h_c = h_{cp} \times h_{ст} \dots$	$h_c = 5,8 + 0,09 = 5,89 \text{ м.}$

Требуемый напор на вводе, если напор у пожарного крана составляет 19,9 м, определяется по формуле (9):

$$H_{тр.пж.} = 1,2 \times (h_c + h_{вв}) + h_{вод} + H_{ПК} + \Delta Z \quad (9)$$

$$\Delta Z = 2,5 + 21 + 1,35 = 24,85 \text{ м.}$$

$$H_{тр.пж.} = 1,2 \times (5,89 + 0,54) + 0,26 + 19,9 + 24,85 = 52,73 \text{ м.}$$

Так как величина гарантированного напора (H_g), равная 15 м, меньше величины требуемого, необходимо установить насос, обеспечивающий создание напора [21]:

$$H_n = H_{тр.пж.} - H_g = 52,73 - 15 = 37,73 \text{ м.}$$

Таким образом, с учетом требований пожарной безопасности систему водоснабжения производственного объекта целесообразно организовать по предло-

женной схеме, оборудовав ее пожарными насосами марки К 45/55, повышающими давление.

Заключение. Проведенный гидравлический расчёт внутреннего водопровода показал соответствие выбранной схемы нормативным требованиям, предъявляемым к системе пожаротушения предприятия. Она позволит в случае возникновения пожара обеспечить бесперебойную и качественную подачу огнетушащих веществ, повышая ее способность эффективно функционировать в условиях возгорания и возможного взрыва на объекте повышенного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ВУПП-88*. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.
3. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
4. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
5. ГОСТ 12.1.004-91*. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
7. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установка пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические.
8. СНиП 2.04.0-84. Пожарная автоматика зданий и сооружений.
9. ППБ 0-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
10. СНиП 2.01.02-84* Противопожарные нормы.
11. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения.
12. СП 8.13130.2009. Источники наружного противопожарного водоснабжения.
13. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*.
14. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*.
15. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод.
16. Абросимов Ю. Г. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: учебное пособие / Ю. Г. Абросимов, А. И. Иванов. – М.: АГПС России, 2003. – 97 с.
17. Чистяков Я. Н. Противопожарное водоснабжение: учебное пособие / Я. Н. Чистяков, Ю. Ш. Коган. – М.: «Стройиздат», 1990. – 73 с.
18. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
19. Лобачев П. В. Противопожарное водоснабжение / П. В. Лобачев – М.: «Госстрой», 1985. – 54 с.
20. Сомов М. А. Расчет систем подачи и распределения воды / М. А. Сомов – М.: «Стройиздат», 1989. – 82 с.
21. Лобачев П. В. Насосы и насосные станции / П. В. Лобачев – М.: «Стройиздат», 1983. – 204 с.

Статья поступила в редакцию 25.04.2020

Статья принята к публикации 10.06.2020