

УДК 614.842.65(075.8)

КРИТЕРИИ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ ПОДАЧИ НОРМАТИВНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ЦЕЛИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Красовский А.И.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь
e-mail: aliv220469@tut.by

Рассмотрены критерии бесперебойной подачи нормативных расходов воды на цели пожаротушения. Их применение позволит обоснованно предъявлять требования к напорно-регулирующим сооружениям и насосным станциям систем противопожарного водоснабжения, что в конечном итоге повысит безопасность работ на месте ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Criteria of an uninterrupted supply of standard expense allowances of water on the purpose suppression of fires are viewed. Their application will allow making correctly demands to water towers and pumping stations of systems of fire-prevention water supply that finally will improve safety of work on a place of liquidation of extreme situations.

(Поступила в редакцию 11 декабря 2009 г.)

Введение

Обзор систем водоснабжения показывает, что для регулирования несоответствия подачи насосной станции и потребления воды в сети применяются напорно-регулирующие сооружения: водонапорные башни, наземные возвышенные резервуары, гидропневматические установки. За исключением последних, все они располагаются на самых высоких отметках местности и в непосредственной близости от водопроводной сети.

Напорно-регулирующие сооружения в зависимости от различных условий, например, характеристик местности или объекта водоснабжения, включают в систему водоснабжения последовательно с насосной станцией, параллельно ей или с противоположной стороны водопроводной сети (контррезервуары). Положение относительно других элементов водопровода определяет технические характеристики и режимы работы сооружения [1].

Благодаря большим значениям пьезометрической высоты воды и объемам емкостей эти сооружения применяются для выравнивания в сети напора и хранения пожарного запаса. К примеру, во внутреннем объединенном противопожарном водопроводе наличие напорно-регулирующего сооружения (водонапорного бака), включенного последовательно с пожарным насосом, позволяет эффективно стабилизировать давление в заданных пределах на входе в пожарные краны независимо от давления в наружной водопроводной сети [2].

Потребность в напорно-регулирующем сооружении определяется технико-экономическим сравнением вариантов систем. Например, для водонапорной башни чаще всего сравнительные расчеты выполняются при водопотреблении от 6 000 до 8 000 м³ в сутки. При большей производительности и невозможности устройства наземного напорно-регулирующего сооружения применять ее для регулирования несоответствия подачи насосной станции и водопотребления объекта экономически нецелесообразно [1].

В случае, когда напорно-регулирующее сооружение не предусмотрено, несоответствие водопотребления и подачи устраняется альтернативными мерами:

- управлением работой агрегатов насосной станции;
- многоступенчатым режимом работы насосной станции.

К современным альтернативным способам регулирования работы насоса относятся следующие:

- изменение геометрии проточных каналов насоса и изменение кинематики потока на входе в рабочее колесо;
- изменение частоты вращения рабочего колеса.

В настоящее время считается перспективным применение регулируемого электрического привода (РЭП) [3, 4]. Использование РЭП экономически эффективно: энергопотребление на подачу воды уменьшается на 5–15 %, а в отдельных случаях на 20 %; расход воды снижается на 3–4 % за счет сокращения утечек и непроизводительных расходов [5].

С другой стороны, указанные способы имеют недостатки по сравнению с напорно-регулирующим сооружением:

- наблюдается резонанс пиков электропотребления насосной установки и обслуживаемого объекта;
- дебит источника должен быть всегда больше водопотребления объекта;
- режим поддержания давления при малом водопотреблении (например, в ночное время) неэкономичен.

Главным недостатком всех альтернативных методов регулирования несоответствия подачи насосной станции и водопотребления объекта по сравнению с напорно-регулирующим сооружением является отсутствие пожарного запаса воды. В насосных станциях второй категории надежности действия допускается перерыв в подаче воды на время включения резервного насоса, но при условии наличия на водопроводной сети напорно-регулирующего сооружения, пожарный запас которого обеспечивает требуемый напор и расход воды на нужды пожаротушения [2].

Если напорно-регулирующее сооружение не предусмотрено, то насосная станция должна иметь первую категорию надежности действия. В этом случае не допускаются перерывы в подаче воды и предусматриваются дополнительные мероприятия по обеспечению бесперебойной подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения, а именно: установка пожарных насосов под залив и автоматическое включение резервного пожарного насоса [2].

В то же время в действующих нормативных документах Республики Беларусь [6] классификация насосных станций по надежности действия в период пожаротушения не предусматривается, системы водоснабжения группируются по надежности подачи питьевой воды. В результате допускается перерыв (или снижение) подачи воды на нужды пожаротушения до 10 минут без предъявления каких-либо нормативных требований к напорно-регулирующему сооружению или насосной станции.

Расчет распределения потоков воды в системе водоснабжения производится в соответствии с расширенным (по Гельмгольцу) вариационным принципом наименьшего действия [7], согласно которому, в частности, отказ насоса приводит к перераспределению водопотребления по принципу минимизации сопротивления. Это означает, что в первую очередь будет удовлетворяться то водопотребление, которое требует наименьших затрат энергии. Известно, что потери напора $h_{тр}$ на преодоление гидравлического сопротивления водопроводной сети транзитными расходами $Q_{тр}$ при движении из точки ввода в диктующую точку в три раза превышает потери $h_{п}$ на преодоление гидравлического сопротивления водопроводной сети путевыми расходами $Q_{п}$ при условии, что $Q_{тр} = Q_{п}$ [8].

Значит, во время тушения пожара с отбором воды из участков сети, расположенных в наиболее удаленных от насосной станции точках, быстрое снижение общей подачи воды в результате отказа насоса в первую очередь приведет к уменьшению или прекращению водопотребления на цели пожаротушения. Затем последует свободное развитие пожара, а именно:

- рост температуры и задымления;
- потеря позиций ствольщиков;
- нарушение работы боевых участков вследствие потери рукавных линий и другого аварийно-спасательного оборудования;
- увеличение вероятности обрушения строительных конструкций, взрыва, травматизма и гибели людей.

В последнее время РЭП перестают рассматривать в качестве альтернативы напорно-регулирующим сооружениям. Исследования основных закономерностей работы системы по-

дачи и распределения воды показали, что использование напорно-регулирующих сооружений гарантированно предотвращает химическое и бактериальное загрязнение воды при ее транспортировании по системе напорных трубопроводов от очистных сооружений до мест водоотборов потребителями [9]. Кроме того, такие сооружения эффективно гасят гидравлические удары в насосных станциях, водоводах и водопроводных сетях [10].

В связи с этим при реконструкции систем водоснабжения, в большей степени на промышленных предприятиях и в сельской местности, получают распространение комбинированные решения регулировки несоответствия подачи насосной станции и водопотребления, которые предусматривают одновременное использование напорно-регулирующего сооружения и РЭП-насосов [11].

Из вышесказанного следует, что для обеспечения безопасности пожаротушения нормативные документы, во-первых, обязаны учитывать особенности категорирования насосных станций по надежности действия и, во-вторых, должны предъявлять дополнительные требования к напорно-регулирующему сооружению (обеспечить необходимый напор воды и ее расход на нужды пожаротушения в случае отказа основного пожарного насоса), а также к насосной станции (автоматизация пуска резервного пожарного насоса). Исходя из этого предлагаются критерии бесперебойной подачи нормативных расходов воды на цели пожаротушения.

Относительная подача насосной станции

В системах водоснабжения насосная станция и напорно-регулирующее сооружение включены в схему несимметрично и расположены на значительном расстоянии. Чтобы оценить совместную работу этих сооружений, необходимо привести их характеристики к одной точке в водопроводе (точка 0). В качестве таковой выбран ввод в водопроводную сеть.

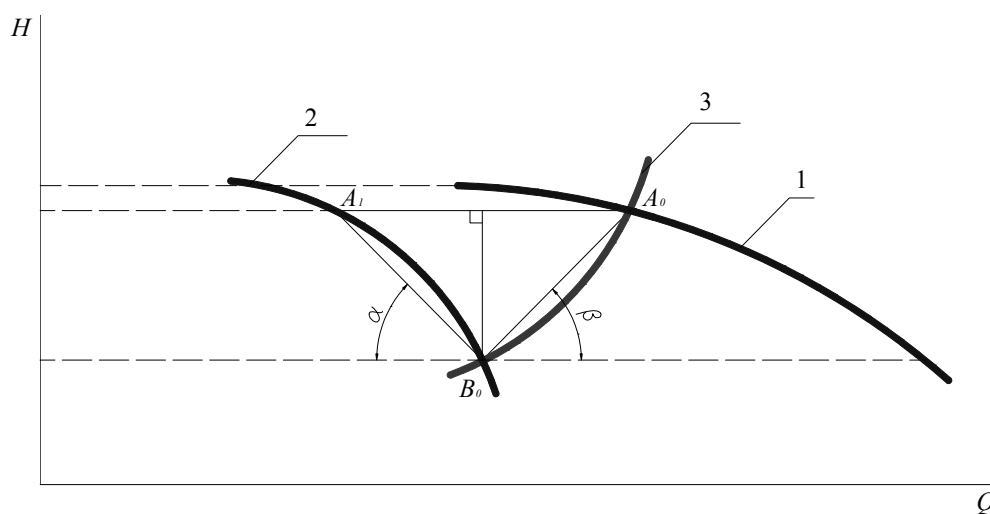
Отказ одного насоса, работающего в группе m подобных, приводит к росту производительности оставшихся насосов (рис. 1). В частном случае, когда углы наклона хорд, проходящих через точки B_0 и A_1 , A_0 и B_0 (соответственно α и β) равны, насосная станция компенсирует 50 % подачи отказавшего насоса.

Для того чтобы оценить способность насосной станции восстанавливать подачу, введем критерий бесперебойной подачи нормативных расходов воды на цели пожаротушения

$$\Theta = Q_{B_0} / Q_{A_0}, \quad (1)$$

где Θ – относительная подача насосной станции;

Q_{A_0}, Q_{B_0} – абсциссы приведенных рабочих точек A_0, B_0 , м³/с.



1 – главная рабочая характеристика насосной станции в режиме m ; 2 – главная рабочая характеристика насосной станции в режиме $m - 1$; 3 – линия потребных напоров в водопроводной сети

Рисунок 1 – Изменение подачи насосной станции в случае отказа насоса

При $m \geq 2$ и $\alpha = \beta$ в приближенных расчетах справедливо уравнение

$$\Theta = \frac{(m-1)}{m} + \frac{1}{2} \frac{1}{m} = \frac{2m-2+1}{2m} = \frac{2m-1}{2m}. \quad (2)$$

Для точного нахождения значения критерия Θ установлена его зависимость от параметров элементов водопровода

$$\Theta = \sqrt{\frac{s_2 + \frac{b}{m^2} + s_{в.в} + s_{н.в}}{s_2 + \frac{b}{(m-1)^2} + s_{в.в} + s_{н.в}}}, \quad (3)$$

где s_2 – сопротивление водопроводной сети во время пожаротушения, c^2/m^5 ;

b – внутреннее гидравлическое сопротивление насоса, c^2/m^5 ;

$s_{в.в}$ – сопротивление всасывающих водоводов, c^2/m^5 ;

$s_{н.в}$ – сопротивление напорных водоводов, c^2/m^5 .

Анализ уравнения (3) показывает, что в случае, когда линия требуемого напора, имеет в области приведенной рабочей точки A_0 сильно выраженный крутой вид (что характерно для водопроводов, в которых расходы на пожаротушение преобладают над расходами на другие нужды), сопротивление водопроводной сети s_2 доминирует над параметрами b , m , $s_{в.в}$ и $s_{н.в}$, в результате чего относительная подача насосной станции Θ стремится к единице.

В водопроводах, в которых указанная рабочая характеристика насосной станции, имеющая в области приведенной рабочей точки A_0 сильно выраженный пологий вид (что типично для станций с большим количеством пожарных насосов m , для водоводов с малым сопротивлением $s_{в.в}$ и $s_{н.в}$, а также для пожарных насосов с незначительным внутренним сопротивлением, характеризующимся параметром b), относительная подача насосной станции Θ тоже стремится к единице.

Из вышесказанного следует, что имеют место случаи, в которых отказ основного насоса в период пожаротушения не приводит к значительному снижению подачи насосной станции. Если установить допустимый нижний предел снижения подачи, то по экономическим соображениям можно отказаться от мероприятий по обеспечению бесперебойной подачи нормативных расходов на нужды пожаротушения.

Относительный пожарный расход

Известно, что в случае отказа основного насоса в период пожаротушения снижение общей подачи насосной станции Q приведет к заметному уменьшению расхода воды на пожаротушение $Q_{\text{пож}}$ на фоне незначительного снижения расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды $Q_{\text{х.п}}$. Установлена линейная зависимость между относительными параметрами, характеризующими подачу насосной станции и расход на пожаротушение, при $Q_{\text{х.п}} = \text{const}$.

Максимальная подача насосной станции Q^{max} рассчитана на максимальный расход воды на пожаротушение $Q_{\text{пож}}^{\text{max}}$, равный нормативному расходу, в период максимального расхода воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды $Q_{\text{х.п}}^{\text{max}}$:

$$Q^{\text{max}} = Q_{\text{пож}}^{\text{max}} + Q_{\text{х.п}}^{\text{max}} = Q_{A_0}. \quad (4)$$

Примем

$$Q^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{пож}}^{\text{max}}}{k}, \quad (5)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

В этом случае зависимость между Q^{\max} и $Q_{x.п}^{\max}$ примет вид:

$$Q^{\max} = \frac{Q_{x.п}^{\max}}{1-k}. \quad (6)$$

В случае отказа насоса подача насосной станции будет равна

$$Q = Q_{\text{пож}} + Q_{x.п}^{\max} = Q_{B_0}. \quad (7)$$

Разделив обе части уравнения (7) на Q^{\max} и подставив (5) и (6), получим

$$\Theta = \frac{Q_{\text{пож}}}{\frac{Q_{\text{пож}}^{\max}}{k}} + \frac{Q_{x.п}^{\max}}{\frac{Q_{x.п}^{\max}}{1-k}}. \quad (8)$$

Введем критерий бесперебойной подачи нормативных расходов воды на цели пожаротушения

$$\Theta_{\text{пож}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{Q_{\text{пож}}^{\max}}, \quad (9)$$

где $\Theta_{\text{пож}}$ – относительный пожарный расход.

Подставив (9) в уравнение (8) и записав его относительно $\Theta_{\text{пож}}$, получаем

$$\Theta_{\text{пож}} = \frac{\Theta + k - 1}{k}. \quad (10)$$

На рис. 2 для ряда значений $k = 0,25, 0,50, 0,75, 1,00$ построены графики зависимости относительного пожарного расхода от относительной подачи насосной станции.

Полученное уравнение (10) позволяют определить относительный пожарный расход, характеризующий долю расхода воды на цели пожаротушения, которая будет получена в диктующей точке в результате отказа основного насоса.

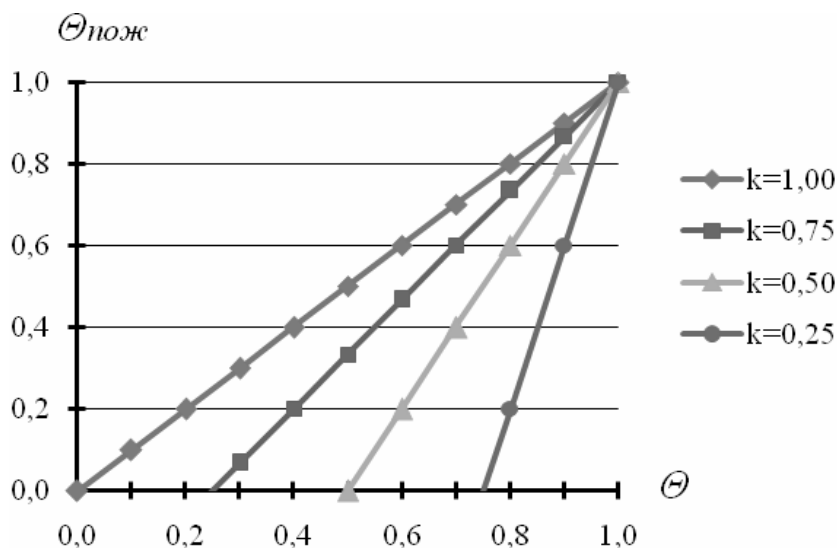


Рисунок 2 – Графики зависимости $\Theta_{\text{пож}} = f(\Theta)$ для ряда значений k

Минимальное значение относительного пожарного расхода

Ни одно из мероприятий по обеспечению бесперебойной подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения не может гарантированно выполнить свои функции по ряду причин, в первую очередь технических. Кроме того, иногда необходимо отказаться от подобного рода мероприятий, так как их реализация в комплексе или по отдельности требует значительных финансовых и материальных вложений, которые приводят к удорожанию системы водоснабжения в целом. Поэтому следует установить нижний предел относительного пожарного расхода, который обязана гарантировать система противопожарного водоснабжения в случае отказа пожарного насоса.

Расход воды, подаваемый на нужды пожаротушения, $Q_{\text{пож}}$ используется непосредственно для тушения пожара $Q_{\text{туш}}$ и проведения защитных мероприятий $Q_{\text{защ}}$:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{туш}} + Q_{\text{защ}} \quad (11)$$

Расход воды на тушение пожара $Q_{\text{туш}}$ кроме подачи в очаг используется на охлаждение несущих строительных конструкций, осаждение дыма, снижение теплового воздействия на пожарных-спасателей. Для решения таких задач требуется постоянная подача воды и применяются неперекрывные пожарные стволы.

В общем случае расход воды $Q_{\text{туш}}$ равен произведению интенсивности подачи воды на тушение $j_{\text{туш}}$ и площади тушения $S_{\text{туш}}$:

$$Q_{\text{туш}} = j_{\text{туш}} S_{\text{туш}} \quad (12)$$

К защитным мероприятиям на пожаре относятся: защита путей эвакуации (в начальной стадии развития пожара), защита смежных помещений, осаждение дыма и т.д. Для решения подобных задач применяются маневренные перекрывные пожарные стволы, производительность и расположение которых изменяются в соответствии с тактическими соображениями пожаротушения.

В общем случае расход воды $Q_{\text{защ}}$ равен произведению интенсивности подачи воды на защиту $j_{\text{защ}}$ и площади защиты $S_{\text{защ}}$:

$$Q_{\text{защ}} = j_{\text{защ}} S_{\text{защ}} \quad (13)$$

Допустим (для обобщения различных чрезвычайных ситуаций), интенсивность подачи воды на защиту $j_{\text{защ}}$ и площадь защиты $S_{\text{защ}}$ неизвестны. Тогда максимальное значение $j_{\text{защ}}$ принимается равным четверти $j_{\text{туш}}$:

$$j_{\text{защ}} = 0,25 j_{\text{туш}}, \quad (14)$$

а максимальное значение $S_{\text{защ}}$ – равным двойной площади тушения $S_{\text{туш}}$ (площади помещений над и под очагом пожара):

$$S_{\text{защ}} = 2S_{\text{туш}} \quad (15)$$

С учетом вышеизложенного уравнение (11) примет вид

$$Q_{\text{пож}} = j_{\text{туш}} S_{\text{туш}} + 0,5 j_{\text{туш}} S_{\text{туш}}, \quad (16)$$

из чего следует, что третья часть расхода воды, подаваемого на нужды пожаротушения $Q_{\text{пож}}$, используется для защитных мероприятий.

В случае отказа пожарного насоса насосной станции перерыв (или снижение) подачи воды на нужды пожаротушения $Q_{\text{пож}}$ в интервале времени, необходимом для включения резервного насоса (10 минут), приведет к свободному развитию пожара. Поэтому перерыв в подаче расходов воды на пожаротушение $Q_{\text{туш}}$ недопустим. Но некоторое снижение подачи $Q_{\text{пож}}$ можно допустить за счет расхода воды на защитные мероприятия $Q_{\text{защ}}$.

Работа маневренных перекрывных пожарных стволов имеет некоторые особенности. Позиция ствольщика с маневренным стволом не постоянна. Значит, в случае смены позиции ствол находится в закрытом положении. Кроме того, управление подачей воды через маневренный перекрывной пожарный ствол осуществляется с позиции ствольщика и непосредственно самим ствольщиком, что в случае снижения подачи расходов воды на пожаротушение $Q_{\text{пож}}$ позволяет оперативно перекрыть те стволы, приоритет которых ниже.

В связи с тем, что нет достоверной информации о работе маневренных пожарных стволов, предлагается принять, что в интервале времени, необходимом для включения резервного насоса, можно допустить снижение подачи воды на защитные мероприятия $Q_{\text{защ}}$ на 50 %. Тогда минимальное значение относительного пожарного расхода $\Theta_{\text{пож}}^{\text{min}}$ будет равно

$$\Theta_{\text{пож}}^{\text{min}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{Q_{\text{пож}}^{\text{max}}} = \frac{j_{\text{туш}} S_{\text{туш}} + 0,25 j_{\text{туш}} S_{\text{туш}}}{j_{\text{туш}} S_{\text{туш}} + 0,5 j_{\text{туш}} S_{\text{туш}}} = 0,8. \quad (17)$$

Округление полученного результата $\Theta_{\text{пож}}^{\text{min}}$ было выполнено в меньшую сторону до 0,8 для того, чтобы учесть снижение расхода воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды $Q_{\text{х.п.}}$, которое все же предполагается в случае отказа основного насоса во время пожаротушения, хотя и не в такой степени, как снижение расхода $Q_{\text{пож}}$. При условии $\alpha = \beta$ (см. рис. 1) значение 0,8 будет достигнуто для $m \geq 5$ насосов и $k \leq 0,5$.

Условия непрерывной подачи нормативных расходов элементами системы водоснабжения

1. Условия непрерывной подачи нормативных расходов насосной станцией

1.1. Если $\Theta_{\text{пож}} < \Theta_{\text{пож}}^{\text{min}}$, то в системе водоснабжения необходимо предпринять дополнительные меры, направленные на обеспечение непрерывности подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения.

Вариант № 1. В системах водоснабжения с напорно-регулирующим сооружением предусмотреть хранение пожарного запаса, обеспечивающего требуемый напор во время пожаротушения.

Вариант № 2. В насосной станции второго подъема насосы, работающие во время пожаротушения, установить под залив или предусмотреть заполнение водой резервного насоса одновременно с основными насосами (пожарными или дополнительными). Включение резервного насоса принять автоматическим. При наличии напорно-регулирующего сооружения хранения в нем пожарного запаса не предусматривать.

1.2. Если $\Theta_{\text{пож}} \geq \Theta_{\text{пож}}^{\text{min}}$, то непрерывная подача нормативных расходов воды на нужды пожаротушения системой водоснабжения обеспечена и в дополнительных мерах система водоснабжения не нуждается. При наличии напорно-регулирующего сооружения хранения в нем пожарного запаса не предусматривать.

2. Условия непрерывной подачи нормативных расходов напорно-регулирующим сооружением, расположенным в начале водопроводной сети

Для оценки способности водопитателей (насосной станции в режиме работы $m - 1$ и напорно-регулирующего сооружения) компенсировать подачу отказавшего насоса необходимо рассчитать

$$\Theta = Q_{P_0} / Q_{A_0}, \quad (18)$$

где Θ – относительная подача водопитателей;

Q_{P_0} – абсцисса текущей приведенной рабочей точки P_0 , м.

2.1. Если $\Theta_{\text{пож}} \geq \Theta_{\text{пож}}^{\min}$, то обеспечена непрерывность подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения сооружениями водопровода (насосной станцией и напорно-регулирующим сооружением). Дополнительные меры по автоматизации насосной станции не требуются.

2.2. Если $\Theta_{\text{пож}} < \Theta_{\text{пож}}^{\min}$, то не обеспечена непрерывность подачи нормативных расходов воды на нужды пожаротушения сооружениями водопровода. Хранить пожарный запас в напорно-регулирующем сооружении не требуется. В системе водоснабжения следует предусмотреть дополнительные меры по варианту № 2.

Для того, чтобы найти координаты текущей приведенной рабочей точки P_0 , произвольно расположенной на линии потребных напоров выше или ниже приведенной рабочей точки A_0 , необходимо решить систему относительно ординаты H_{P_0} текущей приведенной рабочей точки P_0 , составленную из:

- уравнения требуемых напоров в водопроводной сети;
- уравнения совместной работы насосной станции в режиме $m-1$ и напорно-регулирующего сооружения, приведенного к точке ввода в водопроводную сеть:

$$\begin{cases} Q_{P_0} = \sqrt{\frac{h_{\text{пож}} - (H_{\text{св}}^{\text{пож}} + H_{\Gamma})}{s_2}}; \\ Q_{P_0} = Q_1 + Q = \sqrt{\frac{H_{En} - H_{P_0}}{s_1}} + \sqrt{\frac{a - (Z_0 - Z_{\text{р.ч.в}}) - H_{P_0}}{\frac{b}{(m-1)^2} + s_{\text{в.в}} + s_{\text{н.в}}}}, \end{cases} \quad (19)$$

где Q_{P_0} – абсцисса текущей приведенной рабочей точки P_0 , м³/с;

$h_{\text{пож}}$ – гидравлические потери напора в водопроводной сети во время пожаротушения, м;

$H_{\text{св}}^{\text{пож}}$ – свободный напор в диктующей точке во время пожаротушения, м;

H_{Γ} – разность отметок земли в диктующей точке и в точке ввода в сеть, м;

s_2 – сопротивление водопроводной сети во время пожаротушения, с²/м⁵;

Q_1 – расход жидкости по питающему трубопроводу, м³/с;

Q – подача насосной станции, м³/с;

H_{En} – свободный уровень пожарного объема напорно-регулирующего сооружения, м;

H_{P_0} – ордината текущей приведенной рабочей точки P_0 , м³/с;

s_1 – сопротивление питающего трубопровода, с²/м⁵;

a – напор, создаваемый насосом при нулевой подаче, м;

Z_0 – планировочная отметка ввода в водопроводную сеть, м;

$Z_{\text{р.ч.в}}$ – отметка уровня пожарного объема в резервуаре чистой воды, м;

b – внутреннее гидравлическое сопротивление насоса, с²/м⁵;

m – количество основных насосов насосной станции, работающих на водопроводную сеть во время пожаротушения, шт.;

$s_{\text{в.в}}$ – сопротивление всасывающих водоводов, с²/м⁵;

$s_{\text{н.в}}$ – сопротивление напорных водоводов, с²/м⁵.

При выполнении расчетов систему уравнений целесообразно решать с помощью прикладных математических программ (см., например, <http://www.wolframalpha.com>).

Для определения координаты Q_{P_0} необходимо суммировать результаты решения уравнений

$$Q_1 = \sqrt{\frac{H_{En} - H_{P_0}}{s_1}}; \quad (20)$$

$$Q = \sqrt{\frac{a - (Z_0 - Z_{\text{р.ч.в}}) - H_{P_0}}{b}} \cdot \sqrt{\frac{1}{(m-1)^2 + s_{\text{в.в}} + s_{\text{н.в}}}} \quad (21)$$

3. Условия непрерывной подачи нормативных расходов напорно-регулирующим сооружением, расположенным в диктующей точке водопроводной сети.

3.1. Если выполняется условие (1.2), то хранение в контррезервуаре пожарного запаса не предусматривать.

3.2. Если выполняется условие (1.1), то для варианта № 2 требуемый расход пожарного объема из напорно-регулирующего сооружения, расположенного в диктующей точке, определяется из уравнения

$$Q_{1n} = Q_{A_0} - Q_{B_0} \quad (22)$$

Фактический расход пожарного объема из контррезервуара зависит от сопротивления принятого питающего трубопровода s_1 и должен быть не менее требуемого:

$$Q_{1n_{\text{факт}}} = \sqrt{\frac{H_{En} - H_{д}}{s_1}} \geq Q_{1n} \quad (23)$$

В случае пожаротушения в диктующей точке требуемый напор в ней снижается до 10 м. В таком случае уравнение 23 примет вид

$$Q_{1n_{\text{факт}}} = \sqrt{\frac{H_{En} - 10}{s_1}} \geq Q_{1n} \quad (24)$$

Уровень пожарного объема контррезервуара всегда находится выше линии требуемых напоров в водопроводной сети во время пожаротушения. Поэтому хранение пожарного объема в контррезервуаре предусматривается вне зависимости от положения уровня пожарного запаса относительно приведенных рабочих точек B_0 и A_0 .

Заключение

Определены критерии бесперебойной подачи нормативных расходов воды на цели пожаротушения: относительная подача насосной станции и относительный пожарный расход. Дано обоснование минимальному значению относительного пожарного расхода, которое обязана гарантировать система противопожарного водоснабжения в случае отказа пожарного насоса. Применение предложенных критериев позволит обоснованно предъявить требования к напорно-регулирующим сооружениям и насосным станциям систем противопожарного водоснабжения и в конечном итоге улучшить безопасность работ на месте ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3 т. Т. 3 : Системы распределения и подачи воды / М.Г. Журба [и др.]. – М. : АСВ, 2004. – 256 с.
2. Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учебник / Ю.Г. Абросимов [и др.]. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2003. – 391 с.
3. Лезнов, Б.С. Современные проблемы использования регулируемого электропривода в насосных установках / Б.С. Лезнов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 11 (Ч. 2). – С. 2–6.
4. Николаев, В.Г. Анализ энергоэффективности различных способов управления насосными установками с регулируемым приводом / В.Г. Николаев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 11 (Ч. 2). – С. 6–17.

5. Окупаемость регулируемого электропривода в насосных установках / Б.С. Лезнов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 12. – С. 14–16.
6. Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-138-2009 (02250). – Введ. 02.09.2009. – Минск : Гостстандарт : Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2009. – 30 с.
7. Моделирование систем подачи и распределения воды / В.И. Щербаков [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 10. – С. 18–20.
8. Рабинович, Е.З. Гидравлика / Е.З. Рабинович. – М. : Недра, 1980. – 278 с.
9. Жиров, Е.Н. Основные направления совершенствования систем подачи и распределения воды / Е.Н. Жиров // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 11. – С. 13–15.
10. Ащиянц, Э.П. Повышение эффективности использования воздушно-гидравлических аккумуляторов на насосных станциях / Э.П. Ащиянц // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 5. – С. 24–25.
11. Рыжков, А.Н. Основные направления развития сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения в России / А.Н. Рыжков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 12. – С. 30–32.