

По химическим свойствам перекись водорода занимает промежуточное положение между кислородом и водой и поэтому обладает окислительно-восстановительной амфотерностью как в кислой, так и в щелочной средах. Выступая как окислитель, перекись водорода разлагается по следующим схемам:

- в кислой среде $2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 + 2e \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- в щелочной среде $2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2e \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2e$

Окислительная функция перекиси водорода выражена более отчетливо в кислой среде, восстановительная – в щелочной.

Обеззараживание воды чистой перекисью водорода достигается при концентрации 3 – 10 мг/л, удаление вирусов – при 6 – 10 мг/л, спор – при 100 мг/л [4]. В качестве катализаторов, ускоряющих обеззараживание и способствующих удалению избытка реагента после окончания процесса, рекомендуют гидроокись меди и соли серебра. В присутствии солей меди (0,1-0,2 мг/л) обеззараживание перекисью водорода (доза 3 мг/л) наступает через 5-10 мин. Более эффективным катализатором являются соли серебра, характеризующиеся бактерицидным действием. Одновременное применение перекиси водорода и солей серебра позволяет повысить эффект обеззараживания при более низких концентрациях реагентов: перекиси водорода – до 3 мг/л, серебра – до 0,05 мг/л.

Кроме того, предлагается использовать водные растворы перекиси водорода, активированные простыми органическими кислотами. Активация перекиси водорода обусловлена тем, что при ее смешивании с органическими кислотами в реакционной смеси образуются надкислоты, которые проявляют более высокую биоцидную активность, чем исходные молекулы перекиси водорода. Такие особенности взаимодействия перекиси водорода с органическими кислотами позволили разработать дезинфицирующие композиции с широким спектром бактерицидного действия. Среди них наибольшее распространение получили препараты, представляющие собой смесь в определенных соотношениях водных растворов перекиси водорода с органическими кислотами.

УДК 628.15+628.12

Козицин Т.В.

РАСЧЕТ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ГОДОВЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВАНИИ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ О СИСТЕМЕ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

Проектирование системы подачи и распределения воды начинается с расчета водопроводной сети [1-6]. Далее, на основании полученных параметров сети, производится подбор насосного оборудования и расчет водонапорной башни. Следовательно, при расчете диаметров участков распределительной сети нам неизвестно следующее:

- характеристики насосного оборудования;
- режим работы насосной станции (момент включения и выключения насосов, метод регулирования подачи);
- высота расположения бака водонапорной башни.

Всё выше перечисленное влияет на объемы потребляемой энергии. Поэтому, приступая к расчету водопроводной сети, мы не можем точно знать величину будущих эксплуатационных затрат, что в свою очередь затрудняет поиск оптимального решения.

Для приближенного расчета предполагаемых годовых затрат энергии в течение года в практике проектирования водопроводных сетей используют следующий подход. Всегда с достаточно высокой степенью вероятности можно определить

Так например, дезинфицирующее средство КРШ разработанное НВП ООО “Полихим” Беларусь (ТУ РБ 100205847.020-2002), представляющее собой жидкую смесь органических и неорганических кислот, перекиси водорода со стабилизатором, ПАВ и ингибитора коррозии. Данный дезинфектант обладает высокой антимикробной активностью в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, вирусов, грибов. Повышение температуры усиливает действие средства, растворы сохраняют активность при pH от 1 до 3.

Существующие технологии и оборудование для дезинфекции водопроводных сооружений, спроектированных в прошлом, не в полной мере соответствуют требованиям действующих нормативных документов как по обеспечению безопасности производственных процессов применения и транспортировки жидкого хлора, так по качеству обеззараживания в отношении вирусных загрязнений. Выявленные зависимости указывают, с одной стороны, на недостаточную эффективность применяемых методов обеззараживания, а с другой, - на необходимость учитывать процессы, происходящие в водораспределительной сети, где в связи со снижением концентрации остаточного хлора и активными коррозионными процессами возможен вторичный рост сульфитредуцирующих клостридий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Macler В.А., Mercle J.C. Current Knowledge on groundwater microbial pathogens and their control // Hydrogeology Journal. 2000. №8.
2. Батарова Н.А. Бактерицидное действие перекиси водорода при обеззараживании воды. - В кн.: Тез. докл. годич. конф. аспирантов и ординаторов. Ленинград, 25-26 мая 1964 г. - Л., 1964, с.10-11.
3. Мечка М.Н. Биологические помехи в работе систем питьевого водоснабжения // Водные проблемы. - 2004. - №1 - с.33-36.
4. Кульский Л.А. Интенсификация процессов обеззараживания воды. - Киев: Навукова думка, 1978, 96с.

затраты энергии при подаче максимального расчетного расхода воды. В течение года, как правило, наблюдаются расходы меньше максимального, поэтому годовые затраты энергии рассчитываются исходя из затрат при расчетном режиме работы с некоторым понижающим коэффициентом, который называют коэффициентом неравномерности потребления энергии:

$$\sum N_i = \gamma \cdot N_{расч} \cdot T, \quad (1)$$

где $\sum N_i$ – годовые затраты энергии, кВт/год; γ – коэффициент неравномерности потребления энергии; $N_{расч}$ – затраты энергии при расчетном режиме работы, кВт/ч; T – количество часов в году, ч.

Существует ряд рекомендаций по определению ориентировочных значений коэффициента γ в зависимости от типа водопроводной сети и расположения регулирующих емкостей [3, 6, 7]. Однако эти данные носят среднестатистический ха-

Козицин Т.В., инженер Полоцкого государственного университета. Беларусь, ПГУ, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

рактик, и их использование требует определенного опыта у проектировщика. Приближенные методы расчета коэффициента неравномерности потребления энергии, изложенные в [8-9], не учитывают характеристики насосных агрегатов и принятый способ регулирования подачи насосов, поэтому использование данных методов может приводить к значительным ошибкам [10].

Поскольку при расчете водопроводной сети всегда используется приближенное значение коэффициента γ , то после подбора насосного оборудования необходимо произвести проверку соответствия затрат энергии, рассчитанных по формуле (1), с затратами энергии, рассчитанными с учетом характеристик подобранных насосов и принятого режима работы насосной станции, по формуле:

$$\sum N_i = \sum \frac{Q_i \cdot H_i \cdot T_i}{102 \cdot \eta_i}, \quad (2)$$

где $\sum N_i$ – годовые затраты энергии, кВт/год; Q_i , H_i , η_i – i -ий расход воды (л/с) и соответствующие ему напор (м) и КПД (в долях единицы) насосного оборудования; T_i – продолжительность i -ого расхода, ч.

Методы описания режима водопотребления

Сложность расчета предполагаемых годовых затрат энергии на основании проектных данных о системе подачи и распределения воды связана с неравномерным водопотреблением как в течение суток, так и в течение года. Для расчета затрат энергии насосной станцией необходимо определить продолжительность возможных расходов в течение года. Как показали исследования [11], для этой цели воспользоваться суточными графиками часовой неравномерности не представляется возможным, так как они отличаются существенной неустойчивостью даже для однородных объектов. Однако существует ряд работ [11 - 18], которые позволяют описать процесс водопотребления, опираясь на более надежные средства математической статистики.

Лякмунд А.Л. в своей работе [12] указывал, что игнорирование широкого спектра расходов воды, имеющих место в другие периоды, отличные от случая максимального водопотребления, не позволяют решать целый ряд задач: выбор насосного оборудования, объемов регулирующих емкостей и т.д. и оставляет в стороне вопрос об экономичности системы водоснабжения. Лякмундом А.Л. была предложена математическая модель, базирующаяся на представлении процесса водопотребления в виде суммы трех составляющих:

- детерминированной;
- случайной часовой;
- случайной высокочастотной.

Для восстановления функции распределения расходов с произвольным периодом квантования необходимы и достаточны следующие данные:

- дисперсия часовых расходов воды за весь период водопотребления;
- отношение дисперсий регулярной и случайной составляющих водопотребления;
- отношение дисперсий высокочастотной и случайной часовой составляющих водопотребления.

Все необходимые параметры для восстановления функции распределения расходов находятся на основании экспериментальных замеров расходов воды. Поэтому эта модель подходит только для реконструкции или расширения сети и не может быть использована при проектировании новых объектов.

Тот же недостаток присущ и модели распределения расходов Григоренко Н.В. [13]. Модель построена на основании сплайн-функций. Несмотря на достаточно высокую точность,

применение ее на практике затруднено в силу большой громоздкости и сложности.

При наличии экспериментальных данных о режиме водопотребления можно воспользоваться методом гармонического анализа, который позволяет выявить циклическую составляющую процесса водопотребления. В работах Викторова Г.Н. [14], Белохорова Н.П. и Луговского М.В. [15], Целахашвили З.И. [16] применено разложение в ряд Фурье, в котором тригонометрический ряд представлен суммой 3-6 гармоник.

Большое внимание изучению режимов водопотребления уделено в работах Шопенского Л.А. [17]. Он предложил функциональную зависимость изменения ранжированного суточного графика водопотребления от величины коэффициента часовой неравномерности водопотребления K :

$$Q = T^K, \quad (3)$$

где T – текущее время в долях общего периода водопотребления, принятого равным 1; Q – объем водопотребления за время T , в долях от общего объема.

Вербицким В.А. [11] были сформулированы условия, позволяющие доказать, что функция (3) представляет собой упрощенное аналитическое описание кривых Лоренца (кривых рассеяния). В отличие от полигонов частот, характер кривых Лоренца одинаков для всех объектов и, поэтому они более удобны для описания.

Функция распределения часовых расходов, согласно Шопенскому Л.А. и Вербицкому В.А., описывается следующим образом:

$$Q_i = K \cdot T_i^{K-1} \cdot Q_{cp}, \quad (4)$$

где Q_i – часовой расход, м³/ч, соответствующий периоду T_i ; Q_{cp} – средний за год часовой расход воды, м³/ч.

Определив значение K и задавшись некоторым ранжированным рядом T_i , по формуле (4) можем посчитать все необходимые значения Q_i для расчета затрат энергии по формуле (2).

При аналитическом описании кривых Лоренца, в качестве параметра уравнения (4) Вербицкий В.А. предлагал использовать коэффициент общей часовой неравномерности 98% обеспеченности:

$$K = K^{98\%} = Q^{98\%} / Q_{cp},$$

где $Q^{98\%}$ – часовой расход 98% обеспеченности, м³/ч, который определяется по следующей зависимости:

$$Q^{98\%} = 9,8 + 1,2 \cdot Q_{cp} - 1,05 \cdot \lg N - 0,55 \cdot z + 0,07 \cdot H_{эф},$$

где N – число жителей населенного пункта, тыс. чел.; z – заселенность квартир, чел/кв.; $H_{эф}$ – эффективное давление воды на объекте, м.

Проведенные Вербицким В.А. исследования показали, что влияние заселенности квартир и эффективного давления воды невелико и поэтому они могут быть заменены их средними значениями (3,39чел/кв. и 31,7м соответственно). Это приводит к тому, что прогнозирование распределения расходов согласно рассматриваемой теории производится по существу только на основе двух параметров: среднечасового расхода за год и численности населения:

$$K = \frac{10,2 + 1,2 \cdot Q_{cp} - 1,05 \cdot \lg N}{Q_{cp}}.$$

На самом деле режим водопотребления зависит также от уклада жизни жителей населенного пункта, режима работы

его предприятий, степени благоустройства жилья и жилой застройки, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели и других местных условий.

Кемелев А.А. [7] предлагал производить распределение расходов водопотребления на основании статических кривых распределения расходов водопотребления, которые характеризуют частоту (вероятность) появления определенных расходов и обеспеченность этих расходов во времени. Он указывал, что кривые продолжительности (обеспеченности) – более устойчивая характеристика, чем суточные и годовые графики водопотребления, она менее зависит от индивидуальных особенностей в различных системах водоснабжения. Для практически полноценного описания разнообразия режимов водопотребления сельских потребителей достаточны значения трех числовых характеристик: математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции. Все эти характеристики Кемелев А.А. предполагал определять на основе ряда опытных замеров расходов (как правило, в течение 30 и более дней).

Вопрос построения кривых обеспеченности расходов водопотребления на основании проектных данных был решен в работе [18]. Выполненный Старинским В.П. анализ характера распределения часовых расходов в течение года показал, что он подчиняется закону трехпараметрического гамма-распределения. Для построения графика обеспеченности расходов водопотребления, соответствующего данному закону, необходимо знать значения коэффициента изменчивости (вариации) расходов водопотребления C_v и коэффициента асимметрии C_s их распределения. Старинским В.П. была получена формула для значения коэффициента изменчивости:

$$C_v = 0,45 + 0,15 \left(\frac{K_{\max}}{K_{\min}} - 1 \right) + 0,055 \left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}} - 1 \right) - 0,075 \sqrt{|\lg N|} \cdot \lg N$$

где K_{\max} , K_{\min} – коэффициенты суточной неравномерности, учитывающие уклад жизни жителей населенного пункта, режим работы его предприятий, степень благоустройства жилья, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели и некоторые другие факторы; α_{\max} , α_{\min} – коэффициенты, учитывающие степень благоустройства жилой застройки населенного пункта, режим работы его предприятий и другие местные условия; N – число жителей населенного пункта, тыс. чел.

Коэффициент асимметрии распределения Старинский В.П. предлагал принимать

$$C_s = C_v.$$

Зная значения C_s и C_v , нетрудно построить соответствующую им кривую обеспеченности часовых расходов водопотребления $Q(p)$ и по ней найти кривую частоты их появления. Для этого надо построить по данным, приведенным Старинским В.П. в приложении 1 [18], теоретическую кривую $M_i(p_i)$. Модульный коэффициент M_i представляет собой отношение часового расхода заданной обеспеченности к среднему его значению за рассматриваемый промежуток времени. Чтобы выразить расходы на кривой $M(p)$ в процентах от среднесуточного водопотребления или абсолютными их величинами, необходимо ординаты кривой

$$M(p) \text{ умножить соответственно на } \bar{p} \text{ или } \frac{\bar{W} \cdot \bar{p}}{100}, \text{ где } \bar{p}$$

– средний за расчетный период расход воды в процентах от среднесуточного водопотребления \bar{W} .

Кривую частоты (вероятности) появления отдельных расходов воды или их модулей получают путем дифференцирования кривой $M(p)$. Таким образом получаем все необходимые значения Q_i , T_i для расчета затрат электроэнергии по формуле (2).

К сожалению, метод распределения расходов Старинского В.П. предусматривает распределение расходов от 0,001% до 99% обеспеченности. Это значит, что максимальный часовой расход окажется значительно больше расхода, определенного по СНиП [20], а минимальный часовой расход значительно меньше. Для того чтобы привести в соответствие рассматриваемый метод описания водопотребления с требованиями СНиП, предлагается все расходы, большие расхода 2% обеспеченности, считать равными расходу 2% обеспеченности, а все расходы, меньшие расхода 98% обеспеченности, считать равными расходу 98% обеспеченности.

Еще один недостаток метода Старинского В.П. связан с недостаточной градацией рассматриваемых расходов. С учетом выше изложенной корректировки метода в расчет попадают 15 характерных расходов (см. рисунок 1), что может быть недостаточным для анализа работы насосного оборудования. Для того чтобы получить значения расходов с любой обеспеченностью, было принято решение аппроксимировать данные, приведенные Старинским В.П. в приложении 1 [18], для получения аналитической зависимости $M = f(p)$. Как показали исследования, кривая распределения расходов водопотребления для расходов от 2% до 98% обеспеченности хорошо описывается полиномом третьей степени:

$$M = c_0 + c_1 p + c_2 p^2 + c_3 p^3, \quad (5)$$

где c_0 , c_1 , c_2 , c_3 – параметры распределения.

Достоинством выражения (5) является то, что оно легко дифференцируется и интегрируется. Ниже в таблице 1 приводятся значения параметров c_0 , c_1 , c_2 , c_3 в зависимости от коэффициента изменчивости C_v .

Для получения необходимой информации обо всем спектре расходов для расчета затрат энергии по формуле (2) можно воспользоваться любым из рассмотренных методов. Однако наиболее разработанным и удобным методом распределения расходов водопотребления является метод, предложенный Старинским В.П. Он требует для расчета только проектные данные о среднегодовом водопотреблении и значения коэффициентов неравномерности потребления воды. Это достоинство позволяют использовать его при технико-экономическом анализе новых объектов и при реконструкции или расширении существующих объектов, для которых нет возможности получить экспериментальные данные о расходах.

Расчет предполагаемых затрат энергии насосной станцией на основании проектных данных о системе подачи и распределения воды.

Если принять для описания процесса водопотребления метод Старинского В.П., то прежде чем приступить к расчету, необходимо определиться с шагом для ранжирования обеспеченности, чтобы разбить весь диапазон возможных расходов на элементарные диапазоны.

Для предлагаемого метода расчета количество диапазонов в некоторой степени зависит от числа рабочих насосных агрегатов. Это связано с необходимостью отслеживания моментов включения и выключения насосов, так как при этом происходит скачок значения общего КПД насосных агрегатов, а в случае нерегулируемых насосов резкое изменение величины развиваемого напора.

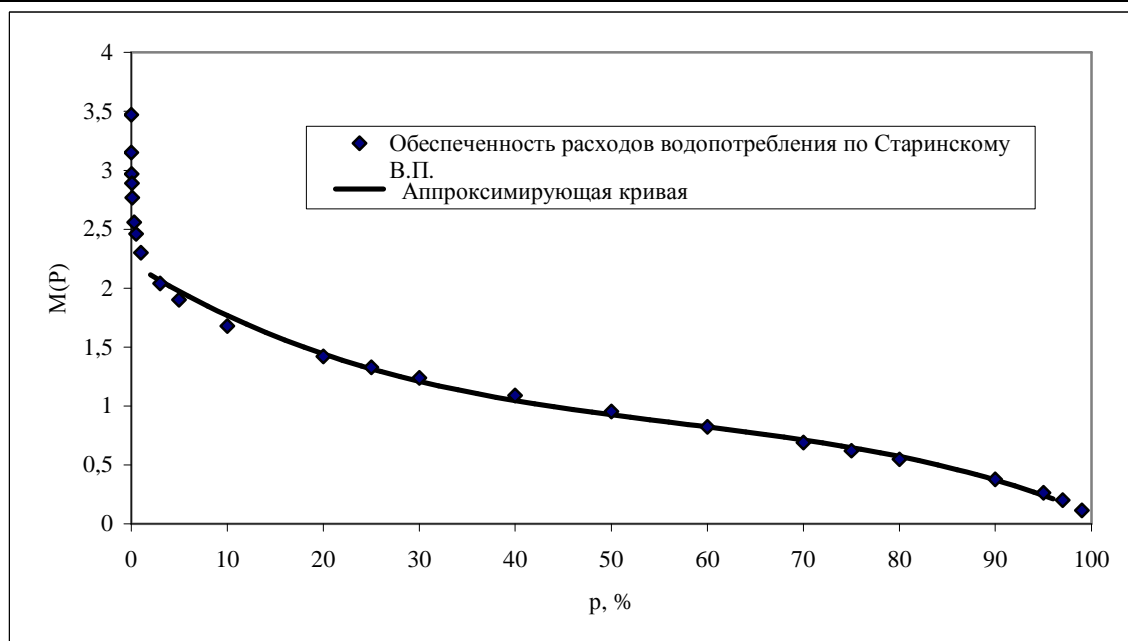


Рис. 1. Кривая распределения расходов водопотребления ($C_v = 0,5$) и аппроксимирующая кривая.

Таблица 1. Значения параметров распределения в зависимости от коэффициента изменчивости C_v

C_v	c_0	c_1	c_2	c_3
0,1	1,218	-9,020E-03	1,347E-04	-8,656E-07
0,2	1,000	-2,202E-02	3,438E-04	-2,130E-06
0,3	1,753	-3,379E-02	5,197E-04	-3,164E-06
0,4	2,023	-4,580E-02	6,911E-04	-4,121E-06
0,5	2,212	-5,124E-02	7,210E-04	-4,211E-06
0,6	2,476	-6,113E-02	8,123E-04	-4,500E-06
0,7	2,740	-7,051E-02	8,752E-04	-4,521E-06
0,8	3,018	-8,037E-02	9,268E-04	-4,351E-06

Поскольку вычисления по предлагаемому методу расчета могут выполняться только при помощи компьютерной техники, нет смысла ограничиваться каким-либо минимальным количеством рассматриваемых расходов. Вопрос больше стоит в определении максимального разумного количества. Очевидно, что чем более детальным будет расчет, тем точнее будет результат. Практика показала, что 100 элементарных диапазонов расходов вполне достаточно, и дальнейшее увеличение ранжированного ряда повышает точность не значительно.

В общих чертах дальнейший порядок расчета можно представить в следующей последовательности. Сначала определяются средние расходы в пределах соответствующих элементарных диапазонов, и рассчитывается их продолжительность в течение года. Затем по известным расходам определяется напор, который будет развивать подобранное насосное оборудование. В случае оснащения насосов нерегулируемым приводом, напор будет определяться характеристикой насосов. В случае применения регулируемого привода, напор будет определяться характеристикой системы трубопроводов. Если предусмотрено использование двух и более рабочих насосов рассчитываются затраты энергии при одних и тех же расходах для каждого возможного режима работы насосного оборудования. Момент включения и выключения насосов будет определяться минимумом затрат энергии, а также эксплуатационными характеристиками насосов. После определения моментов включения и выключения насосов, определение

годовых затрат энергии по формуле (2) не представляет каких-либо сложностей.

Теперь рассмотрим этот расчет более подробно.

1. После того как выбран шаг ранжирования обеспеченности расходов водопотребления, необходимо проинтегрировать функцию распределения расходов в пределах каждого полученного диапазона.

Выражение интеграла имеет следующий вид:

$$\int_{P_{i+1}}^{P_i} (c_0 + c_1 p + c_2 p^2 + c_3 p^3) dp =$$

$$= c_0 (P_{i+1} - P_i) + \frac{c_1}{2} (P_{i+1}^2 - P_i^2) +$$

$$+ \frac{c_2}{3} (P_{i+1}^3 - P_i^3) + \frac{c_3}{4} (P_{i+1}^4 - P_i^4),$$

где P_i и P_{i+1} – нижний и верхний предел обеспеченности расходов для i -ого элементарного диапазона расходов.

Значение интеграла соответствует объему воды в пределах $P_{i+1} - P_i$ в процентном отношении от среднегодового водопотребления.

2. Для расчета среднего расхода (л/с) в пределах каждого элементарного диапазона расходов нужно значение соответствующего интеграла умножить на выражение

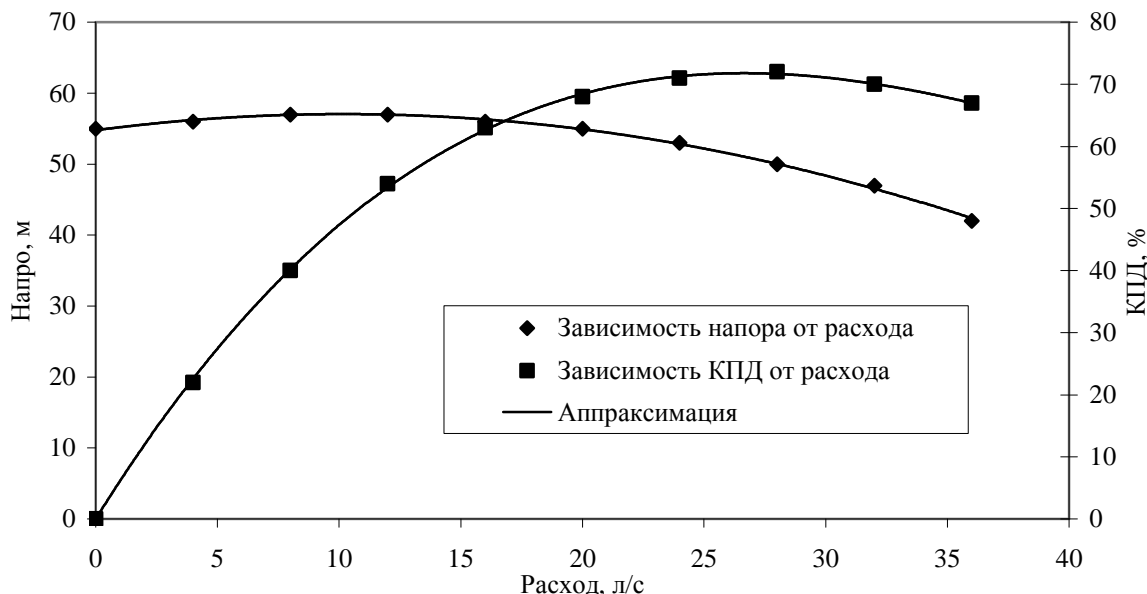


Рис. 2. Характеристика насоса К100-65-200 и аппроксимирующие кривые.

$$\frac{3.6 \cdot Q_{cp.}}{(p_{i+1} - p_i)},$$

где $Q_{cp.}$ – среднегодовой расход, м³/ч.

3. Определение продолжительности расходов в часах в пределах обеспеченностей $p_{i+1} - p_i$ производим по формуле:

$$T_i = \frac{p_{i+1} - p_i}{100} \cdot 24 \cdot 365.$$

4. В случае применения нерегулируемого привода значения напора и КПД определяется по аналитическим характеристикам насоса в зависимости от рассматриваемого расхода. Как показали проведенные мной исследования [19], напорно-расходная характеристика центробежных насосов хорошо описывается зависимостью вида:

$$H_i = a_0 + a_1 Q_i + a_2 Q_i^2, \quad (6)$$

где a_0, a_1, a_2 – параметры напора насоса.

Зависимость КПД насоса от расхода хорошо описывается следующим уравнением:

$$\eta_i = b_1 Q_i + b_2 Q_i^2 + b_3 Q_i^3, \quad (7)$$

где b_1, b_2, b_3 – параметры КПД насоса.

Параметры a_0, a_1, a_2 и b_1, b_2, b_3 определяются по графическим характеристикам насоса по методу наименьших квадратов. На рисунке 2 показан пример аппроксимации характеристик насоса зависимостями вида (6) и (7).

5. В случае применения регулируемого привода значение напора будет определяться характеристикой системы водопроводов:

- для неновых чугунных и стальных трубопроводов согласно приложению 10 [20]

$$H_i = H_r + S \cdot Q_i^2,$$

- для пластмассовых трубопроводов

$$H_i = H_r + S \cdot Q_i^{1.774},$$

где H_r – геометрическая высота подъема; S – сопротивление системы трубопроводов.

Значение КПД при работе насоса с регулируемым приводом при подаче расхода Q_i должно определяться по зависимости:

$$\eta_i = b_1 Q_{ci} + b_2 Q_{ci}^2 + b_3 Q_{ci}^3,$$

где Q_{ci} – совмещенный расход, который определяется точкой пересечения напорно-расходной характеристики насоса с кривой подобных режимов, проходящей через точку с координатами Q_i, H_i .

Аналитически сопряженный расход Q_{ci} можно найти по зависимости:

$$Q_{ci} = \frac{-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4(a_2 - k_i)a_0}}{2(a_2 - k_i)},$$

где k_i – параметр в зависимости, описывающей кривую подобных режимов.

$$k_i = \frac{H_i}{Q_i^2}.$$

6. Если насосная станция оснащена несколькими рабочими насосами, то необходимо определить оптимальный момент включения и выключения насосов. Режим работы насосной станции будет оптимален в том случае, если он отвечает минимуму затрат электроэнергии. Поэтому расчет потребляемой мощности должен вестись параллельно для смежных режимов работы насосного оборудования. Момент переключения насосов будет определяться путем сравнения потребляемой мощности при подаче одних и тех же расходов. При этом, безусловно, необходимо обращать внимание на то, чтоб насосное оборудование могло развивать требуемый напор, и ни один из насосов не выходил за границы зоны рабочего участка.

7. После определения режимов работы насосной станции при подаче всего диапазона возможных расходов, определяются годовые затраты энергии по формуле (2).

Предложенный метод расчета затрат энергии возможен только при наличии конкретного насосного оборудования и данных по конструкции распределительной сети. Кроме того, данный метод расчета затрат энергии хорошо подходит для

анализа экономической целесообразности оснащения частотными преобразователями существующие насосные станции, а также для сравнения различных конкурентных вариантов насосного оборудования при реконструкции насосной станции при существующей водопроводной сети.

Выводы

1. При определении диаметров участков водопроводной сети, согласно методам [1-6], используется приближенное значение коэффициента неравномерности потребления энергии. Поэтому необходимо производить проверку соответствия будущих затрат энергии на основании проекта системы подачи и распределения воды с затратами энергии, которые принимаются в качестве исходных данных для проектирования.
2. Наиболее точным и удобным методом описания процесса водопотребления является метод, предложенный Старинским В.П., так как он учитывает наибольшее количество влияющих факторов и не требует экспериментальных замеров.
3. Предложен метод расчета затрат энергии насосной станции на основании графиков обеспеченности часовых расходов водопотребления. Расчет опирается на характеристики и режим работы предполагаемого насосного оборудования.
4. Предложенный метод расчета затрат энергии хорошо подходит для анализа экономической целесообразности оснащения частотными преобразователями существующих насосных станций, а также для сравнения различных конкурентных вариантов насосного оборудования при реконструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мошнин Л.Ф. Методы технико-экономического расчета водопроводных сетей. - М.: Стройиздат, 1950. - 144с.
2. Лобачев В.Г. Приемы расчета водопроводных сетей. - Ленинград: изд. МКХ РСФСР, 1950
3. Расчет водопроводных сетей. Учебное пособие для вузов / Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. и др. - изд. 3 перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1976. - 304с.
4. Кирсанов М.В. Экономический расчет водопроводных сетей. - М.: Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949. - 146с.
5. Сироткин В.П. Схемы и расчет водоводов и водопроводных сетей. - М.: «Высшая школа», 1968 -271с.

6. Кикачейшвили Г.Е. Расчет оптимальных параметров систем подачи и распределения воды – Тбилиси: «Сабчета Сакартвело», 1980 – 200с.
7. Кемелев А.А. Водопотребление и рационализация систем сельскохозяйственного водоснабжения - Алма-Ата: "Кайнар", 1979. - 124с.
8. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. Расчет водопроводных сетей. - изд.2 - М.: Госстройиздат, 1962. - 230с.
9. Белан А.Е., Хоружий П.Д. Технико-экономические расчеты водопроводных систем на ЭВМ. – К.: Высшая школа. – 1979. – 192с.
10. Козицин Т.В. Влияние режима работы насосной станции на неравномерность потребления энергии // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Прикладные науки. – 2005. №3 – С. 199-205.
11. Вербицкий А.С. Исследование режимов водопотребления и разработка методов их прогнозирования при проектировании и эксплуатации. Автореферат – М., 1976г. – 20с.
12. Лякумунд А.Л. Совершенствование расчетов систем ПРВ с использованием статистической модели водопотребления. Автореферат – М., 1987г. – 22с.
13. Григоренко Н.В. Имитационное моделирование систем подачи и распределения – М.: МИСИ, 1987г. – 22с.
14. Викторов Г.Н. Функциональное выражение графика водопотребления городов – Тр.: ИПИ / сер. Общетеchnические и технические науки. Выпуск 37, 1967г. – С. 3-6.
15. Белохоров Н.П. и Луговской М.В. Расчет систем водоснабжения с применением вычислительной техники – М.: Колос, 1973 – 248с.
16. Целахашвили З.И. Выбор оптимального числа и режима насосных агрегатов, работающих по системе «НС – водопотребитель» при АСУВ – Реферативная информация ЦИНИС Госстроя СССР, сер. IX, 1977г. – С. 8-13.
17. Шопенский Л.А. Аналитическое описание режимов водопотребления и построение аналитических расчетных графиков. Сб. тр. / ЦНКЭП зданий, 1975, вып. 1, с. 28-34.
18. Старинский В.П. Технологические, гидравлические и технико-экономические расчеты в водоснабжении. - Минск: Высшая школа, 1985. - 200с.
19. Козицин Т.В. Проблема водоснабжения населенных мест Республики Беларусь // Материалы XXI симпозиума – AQUA 2000 – Полоцк: Полоцкий строительный институт, 2000. – С. 28-34.
20. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136с.

УДК 628.162.1

Дмухайло Е.И., Наумчик Г.О., Новик С.А.

МАССОПЕРЕДАЧА КИСЛОРОДА ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУЙНОЙ АЭРАЦИИ

В последние годы струйная аэрация для насыщения природных и сточных вод кислородом воздуха вызывает большой интерес и находит промышленное применение как обладающая потенциально большей эффективностью и имеющая ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами аэрации.

К настоящему времени наиболее полно изучена массопередача свободнопадающими струями на водосливах и в значительно меньшей степени – свободными напорными струями, истекающими из различного типа насадок, конфузоров, работающих с существующей инверсией струи.

Большинство авторов изучали процесс вовлечения пузырьков, распределение их по размерам, объемный расход газа и возможные механизмы вовлечения в зависимости от

различных параметров. Однако по массопередаче кислорода как конечной цели процесса имеется мало данных.

В процессе струйной аэрации турбулентная струя жидкости после прохождения через газовую среду затопляется в жидкость резервуара, вовлекая значительное количество газа, и образует водовоздушную смесь с большой площадью раздела фаз. Этот процесс подобен для многих форм течений – например, для гидравлического прыжка, используемых для гидравлической аэрации потока.

Рассмотрим физическую схему вовлечения газа и массопередачи при поверхностной струйной аэрации, показанную на рис. 1.

Дмухайло Евгений Иванович, отдел главного энергетика, инженер ВиК СП ОАО «БРЕСТГАЗОАППАРАТ».

Беларусь, г. Брест, ул. Орджоникидзе 22.

Наумчик Григорий Остапович, ассистент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Новик Сергей Александрович, студент Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.