

УДК 621.65.004.183

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Алексеева Ю.А., асп., Коренькова Т.В., к.т.н., доц.

*Кременчугский государственный политехнический университет имени Михаила Остроградского
39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20*

E-mail: saue@polytech.poltava.ua.

Виконаний аналіз існуючих методик визначення графіків водоспоживання. Обґрунтовані чинники, що впливають на режим роботи споживачів системи міського водопостачання.

Ключові слова: насосна станція, фактори, водоспоживання.

The analysis of existent methods of determination of the graphs of water-consumption is executed. Factors which influence on the mode of work of users of the system of city water-supply are grounded.

Key words: pumping station, factors, water-consumption.

Введение. Режим работы насосных станций (НС) систем городского водоснабжения и водоотведения определяется графиком расходования рабочей среды потребителями – на хозяйственно-питьевые нужды населения, для производственных целей на предприятиях, на пожаротушение и т. п. При этом для нормального функционирования необходимо либо обеспечение постоянного давления в трубопроводе, либо поддержание требуемого уровня в водосборнике или водонапорной башне и т.п. [1].

В отличие от многих технических систем, которые рассчитываются по заранее известным и заданным нагрузкам, системы водоснабжения после их ввода в работу должны удовлетворять фактическим требованиям потребителя, непрерывно меняющимся по графику, который не может быть предусмотрен заранее с достаточной степенью точности.

Для ряда потребителей решение этой задачи не представляет затруднений. Так, при проектировании водопроводов промышленных предприятий режим расхода воды на производственные нужды задается достаточно точно в соответствии с технологическим процессом предприятия.

Гораздо сложнее прогнозировать режим водопотребления при проектировании водопроводов населенных пунктов. В таких системах режим работы потребителей зависит от целого ряда факторов: численности населения; режима работы предприятий; климатических условий; сезона года; дня недели; времени суток; бытового характера и т.д. [1-5].

Достоверный прогноз водопотребления лежит в основе построения энергоресурсосберегающих алгоритмов управления насосными комплексами, что позволяет рационально планировать, и, соответственно, использовать энергоресурсы, проектировать и задавать режимы работы электромеханического оборудования и т.п.

Анализ предыдущих исследований. При проектировании новых и модернизации существующих систем городского водоснабжения, изменение водо-

потребления, согласно СНиП 2.04.02-84, учитывается введением коэффициентов:

– часовой неравномерности

$$\begin{cases} K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \beta_{маx}; \\ K_{ч.миx} = \alpha_{миx} \beta_{миx}; \end{cases}$$

– суточной неравномерности

$$K_{сут.маx}=1,1-1,3; K_{сут.миx}=0,7-0,9,$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия ($\alpha_{маx} = 1,2-1,4$; $\alpha_{миx} = 0,4-0,6$); β – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по [3, табл. 2]; $K_{сут.}$ – коэффициент, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели [3, 4].

Такой подход не отражает особенностей действительного потокораспределения в гидротранспортной системе: расчетный расход получается с некоторым коэффициентом запаса, пренебрегают утечками воды, влиянием степени износа оборудования на надежность перекачки жидкости, аварийными режимами насосного оборудования.

В рекомендациях по определению водопотребления во внутренних сетях [5] закладываются осредненные показатели норм расхода, включающие возможные потери воды (до 25%), что приводит к завышению водопотребления и, соответственно, к увеличению потребляемой энергии, излишнему расходованию водных ресурсов.

Ряд авторов [6] вычисляют суточные расходы в зависимости от степени благоустройства конкретных типов зданий, величины удельного часового расхода для средней заселенности квартир, что позволяет разделить полезные расходы и потери. Однако, такой прием дает невысокую точность определения расходов и не применим для других потребителей.

Известны подходы [7, 8], базирующиеся на статистической обработке графиков водопотребления, где рассматривается общее водопотребление (технологическое и потери) как сумма двух процессов, в которых выделяют две составляющие: детерминированную, учитывающую периодический характер изменения расхода в соответствии с ритмом деятельности потребителей, и случайную, учитывающую случайные отклонения от детерминированного расхода. Основным параметр здесь – удельный средний расход за год, который включает как технологические расходы воды, так и значительные потери воды, которые невозможно отделить от полезного расхода. Оценить новые технические решения по экономии воды, таким образом, принципиально невозможно.

В [9] для прогноза и расчета эффективного энергопотребления насосных станций систем перекачки чистых и сточных вод используются интегральные кривые распределения подачи (упорядоченные кривые водоподачи), которые могут быть полностью или частично аппроксимированы уравнением $Q = Q_6((1-\lambda)t/T + \lambda)$, где Q_6 – наибольшее значение водоподачи на протяжении расчетного периода; $\lambda = Q_M/Q_6$ – относительное значение минимальной водоподачи; Q_M – наименьшее значение подачи за тот же период; t – времена водопотребления; T – расчетный период.

Таким образом, существующие методики прогноза водопотребления характеризуются невысокой точностью определения водопотребления, обусловленной тем, что расчет суточных расходов произво-

дится без выделения потерь воды в зависимости от условий водопотребления (давления, срока эксплуатации и др.); не учитывается влияние на кривую водопотребления реального технического состояния электромеханического и гидравлического оборудования.

Цель работы – обоснование выбора факторов, влияющих на режим водопотребления гидротранспортного комплекса.

Материал и результаты исследования. В работе анализ режимов водопотребления выполнен применительно к коммунальному предприятию (КП) “Кременчугводоканал”, которое осуществляет водозабор из р. Днепр и обеспечивает водоиспользование на хозяйственно-питьевые нужды населения, производственных предприятий и т. д.

Гидротранспортный комплекс системы водоснабжения г. Кременчуга включает: насосные станции I-го, II-го III-го подъемов; повысительные насосные станции; разветвленную коммуникационную сеть, где рабочее давление в трубопроводах существенно различается и составляет 1,8÷5,5 атм. на разводных трубопроводах и до 6 атм. в магистральных сетях. Режим водопотребления корректируется диспетчером по показаниям давления в диктующей точке гидросети.

На рис. 1 приведены суточные графики водопотребления $Q(t)$ для различных дней недели – рабочего и выходного (рис. 1 а) и среднесуточные графики водопотребления $Q(t)$ для разных сезонов года (рис. 1 б).

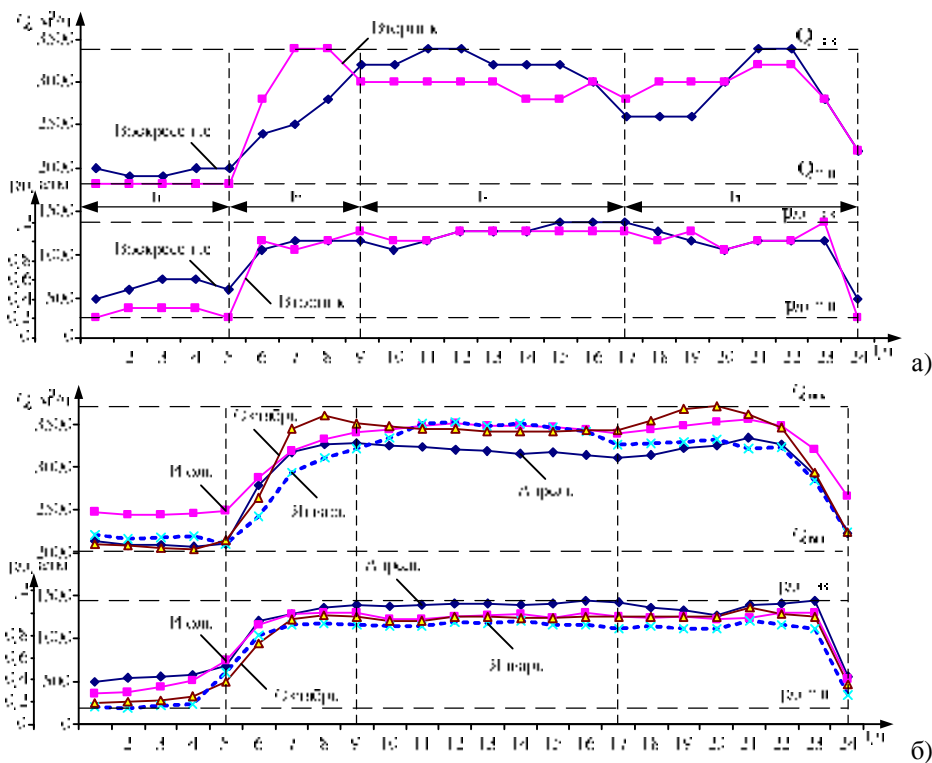


Рисунок 1 – Суточные графики водопотребления, давления в диктующей точке для разных дней недели а) и среднесуточные графики водопотребления, давления в диктующей точке для разных сезонов года б)

Влияние факторов на режим водопотребления различно.

Анализ (рис. 1 а)) показал, что в кривой водопотребления можно выделить характерные четыре участка t_1-t_4 изменения режима работы потребителя, каждому из которых соответствует определенное значение давления в диктующей точке $p_{дт}(t)$ гидросети: на участках t_2, t_4 наблюдается увеличение расхода воды, на участках t_1, t_3 – снижение водопотребления. Такой режим водоподачи определяется коэффициентом часов суток $K_{ч}$, принимающим значения от 1 до 24.

В рабочие дни недели график водопотребления более равномерный, тогда как в воскресенье наблюдаются характерные участки снижения водопотребления, обусловленные изменением режима и числа работающих предприятий, социально-бытовых организаций и т. п. (рис. 1 а)), что может быть учтено вводом коэффициента дня недели $K_{дн}$, принимающим значения: 1 – рабочий; 0 – выходной; 0* – праздничный; 0** – предпраздничный выходной; 1* – предпраздничный рабочий дни.

Сезон года также оказывает влияние на кривую водопотребления. Так, в летнее время, по сравнению с зимним периодом, водопотребление выше (рис. 1 б)). Поэтому, коэффициент сезона года $K_{сг}$ принимает значения: 1 – зима; 2 – весна; 3 – лето; 4 – осень.

С повышением температуры расход воды увеличивается. При увеличении среднегодового количества осадков в городах снижается спрос на воду у населения. С ростом относительной влажности удельное среднесуточное водопотребление уменьшается. Перечисленные факторы учитываются вводом соответствующих параметров: температуры воздуха ($t, ^\circ\text{C}$), давления ($p_0, \text{мм. рт. ст.}$), количества осадков ($S, \text{мм}$).

Круглосуточная работа промышленных предприятий ведет к более равномерному водопотреблению. При значительном числе предприятий, рабо-

тающих в одну смену, графики расходования воды будут более контрастными. Поэтому, режим работы предприятий в зависимости от смены и величины водопотребления может быть описан коэффициентом $K_{рп} = Q_{\text{тек.рп}} / Q_{\text{max.рп}}$, где $Q_{\text{тек.рп}}$, $Q_{\text{max.рп}}$ – текущее и максимальное значения водопотребления предприятия, соответственно; $K_{рп}$ принимает значения от 0 до 1.

Анализ исследований, выполненный в [10-12], показал, что текущее состояние систем городского водоснабжения и водоотведения характеризуется высоким уровнем изношенности, значительной аварийностью технологического оборудования, низкой управляемостью режимами работы насосного оборудования при возникновении различного рода нештатных ситуаций. При этом модернизация и обновление оборудования на коммунальных предприятиях ведется медленными темпами.

На режим водопотребления существенным образом оказывают влияние возникающие аварийные ситуации.

Суточные кривые водопотребления (рис. 2, а)), давления на выходе НС и в диктующей точке трубопроводной магистрали (рис. 2, б)) за 13-14 января 2008 года (кривые 2) отражают нештатную ситуацию по причине выхода из строя вантузной задвижки диаметром 0,1 м на водопроводе диаметром 1,2 м. Для сравнения приведены суточные кривые водопотребления (рис. 2, а)), давления на выходе НС и в диктующей точке гидросети (рис. 2, б)) за 2007 год (кривые 1) для обычного режима водопотребления за тот же рассматриваемый период времени. В результате аварии произошла остановка насосного агрегата, мощностью 800 кВт; время простоя оборудования составило около 7 часов; частичное прекращение подачи воды населению г. Кременчуга составило 10 часов.

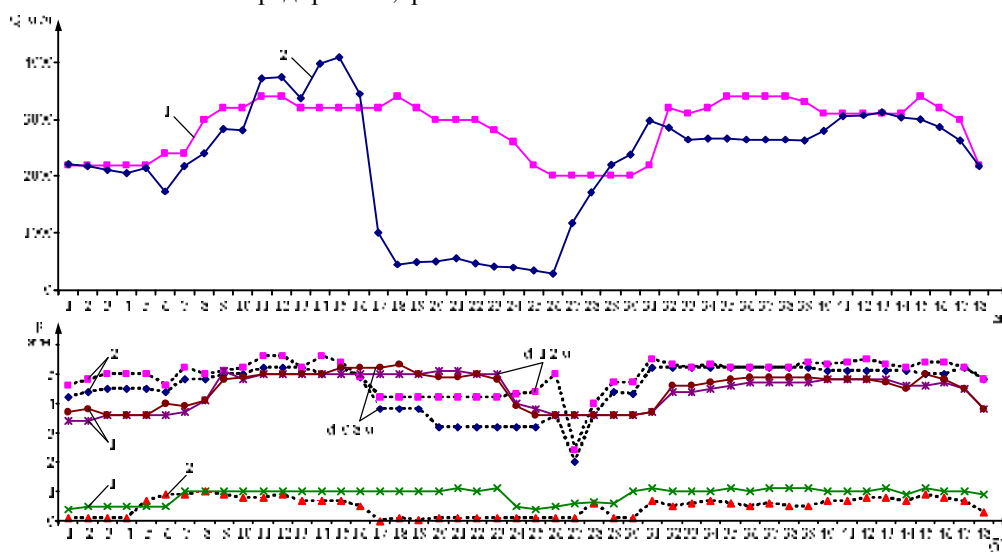


Рисунок 2 – Суточные графики водопотребления а) и давления на выходе насосной станции, в диктующей точке б) за 13-14 января 2007 (кривые 1), 2008 (кривые 2)

С учетом сказанного, факторы, определяющие, аварийность, изношенность оборудования являются случайными величинами (K_A принимает значения 0 или 1, $K_{И}=0\div 1$, соответственно); их долевое участие в общем процессе водопотребления невелико, но амплитуда отклонений кривой $Q(t)$ может быть довольно значительна.

Зависимость изменения водопотребления г. Кременчуга от рассмотренных выше факторов, в простейшем случае, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на режим водопотребления насосной станции

Технологические параметры		Факторы								
Q, м ³ /ч	P _{дт.} , атм.	K _ч	K _{дн}	K _{сг}	Климатические условия			K _{рп}	K _А	...
					t, °C	P ₀ , мм.рт.ст.	S, мм			
2000	0,4	1	0	2	6,4	752	0	0,6	0	...
...
3200	1,1	7	1	3	18	744	2,416	0,4	0	...
...
4130	0,9	18	1	4	10,7	753	0	0,3	1	...
...
460	0,1	24	0*	1	-0,7	758	0	0,7	1	...
...

Выводы. Выполненный анализ показал, что в основе построения многофакторной модели водопотребления должны лежать многолетние архивы данных работы всего технологического комплекса: насосных агрегатов, трубопроводных сетей, арматуры и т. п., что фиксируется почасовым измерением тока, потребляемого приводом насоса, давления на выходе насосной станции или в диктующих точках сети потребителя, сведения об аварийности электрогидравлического оборудования.

Очевидно, что на сегодняшний момент нет достоверных подходов определения и прогноза водопотребления, учитывающих изношенность и аварийность оборудования.

Разработка работоспособной многофакторной модели водопотребления является важным вопросом при построении энергоресурсосберегающих алгоритмов управления гидротранспортными комплексами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н.Н., Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1967. – 532 с.
2. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колбанов С.К. Канализация. -М.: Стройиздат, 1975. - 632 с.
3. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
4. СНиП П.04.32-74 Канализация. Наружные сети и сооружения.
5. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий.
6. Майзельс М. П., Мордясов М. А. Величина удельного водопотребления в жилых зданиях в за-

Таким образом, расход воды – величина случайная, многофакторная, достоверный прогноз которой определяет рациональные энергоэффективные режимы работы насосного оборудования. При расчете водопотребления опасно как завышение, так и занижение расходов: первое приведет к скрытию потерь воды (утечек, нерациональных расходов, сливов), второе – к перебоям в подаче воды и нарушению гидравлического режима.

висимости от влияющих факторов // Водопотребление и вопросы проектирования, эксплуатации систем коммунального водоснабжения. Сб. науч. тр. М.: ОНТИ АКХ, 1978. - С. 3-18.

7. Вербицкий А. С., Лякмунд А. Л. Интегральные функции распределения расходов воды. Инженерное обеспечение строительства // Экспресс-информация. М.: ВНИИИС, 1986. Вып. 2. - С. 2-10.

8. Рекомендации по определению расходов воды в системах холодного и горячего водоснабжения // Экспресс-информация. М., 1987. Вып. 1, 2. (Строительство и архитектура).

9. Лезнов Б.С., Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.

10. Коренькова Т.В., Алексеева Ю.А. Обоснование необходимости повышения управляемости насосных комплексов. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Зб. наук. пр. КДПУ. –Вип. 3/2006(38).Ч.1 –Кременчук: КДПУ, 2006,- С.87-90.

11. Алексеева Ю.А., Коренькова Т.В. Техническое состояние и технологии управления насосными комплексами коммунального хозяйства Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Зб. наук. пр. КДПУ. –Вип. 3/2008(50).Ч.1 –Кременчук: КДПУ, 2008,- С. 135-141.

12. Петросов В.А. Стійкість водопостачання. – Х.: Фактор, 2007. – 360 с.

Стаття надійшла 8.04.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.