



АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Тевяшев А.Д., Матвиенко О.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Проблема повышения надежности функционирования систем централизованного водоснабжения (СЦВ) была и остается центральной проблемой в системах водоснабжения. Существующие методы повышения надежности СЦВ можно условно разбить на следующие категории: структурные – обеспечивающие оптимизацию структуры водопроводной сети (ВС) – зонирование и установка регуляторов давления, прокладка дополнительных участков трубопровода, обеспечивающих увеличение степени инцидентности узлов ВС и повышение её живучести, параметрические – замена изношенного технологического оборудования на современное со значительно лучшими технико-экономическими характеристиками и показателями надёжности [1]. Использование этих методов является наиболее эффективным, однако требует значительных экономических ресурсов, которыми современные водоканалы в настоящее время не располагают.

Известно [2], что отказы технологического оборудования СЦВ зависят от двух основных факторов: от технического состояния технологического оборудования и от условий его эксплуатации. В докладе рассматриваются алгоритмические методы повышения надёжности СЦВ, обеспечивающие оптимальную эксплуатацию технологического оборудования СЦВ с учётом их технического состояния. Предложены методы оценки технического состояния СЦВ и технологического оборудования НС на основании результатов специально спланированных и проведенных натурных экспериментов. Эти методы позволяют оценить фактическое состояние ВС, объёмы непроизводительных потерь воды, возникающих вследствие необнаруженных и неустранённых утечек, степень износа насосных агрегатов и смещение их фактических характеристик ($H-Q$, $N-Q$, КПД- Q) относительно паспортных значений. Практическое использование алгоритмических методов повышения надёжности функционирования СЦВ сводится к обеспечению таких режимов работы ВС, при которых обеспечивается минимум математического ожидания суммарных избыточных давлений в узлах ВС и минимум математического ожидания суммарных затрат мощности (электроэнергии) на НС [3, 4].

В докладе рассмотрены структурный и алгоритмические методы повышения надёжности функционирования СЦВ:

- Оптимизация существующей структуры водопроводной сети путём её многоуровневого зонирования, выделение отдельных изолированных зон с избыточным давлением, превышающим заданное пороговое значение, установка регуляторов давления на входах в зоны; использование станций подкачек для высотных зданий.



- Оптимизация режимов работы ВС за счёт перераспределения нагрузок между насосными станциями, работающими на эту сеть, и обеспечивающая минимум математического ожидания суммарных избыточных давлений в узлах ВС на всём интервале планирования.
- Оптимизация режимов работы НС, обеспечивающих минимум математического ожидания затрат мощности с учётом фактических характеристик насосных агрегатов.
- Стабилизация давлений в диктующих точках водопроводной сети, обеспечивающая минимум дисперсии отклонения фактических значений давлений от минимально допустимых.

Показано, что реализация этих методов сводится к решению следующей задачи:

$$\sum_{k=1}^{365} \left(M_{\omega} \sum_{l=1}^{24} \sum_{i=1}^{v-1} (h_{it}(l) - h_{it}^{(c)+})^2 + M_{\omega} \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^{v-1} (h_i^{(c)}(t, \hat{\omega}) - h_i^{(c)+})^2 \right) \rightarrow \min_{U(t) \in \Omega}, \quad (1)$$

где управляющее воздействие $U(t)$ является вектором структуры ВС S , структуры НС S_{NSj} и параметров НА n_{1jz} (j – номер НС, z – номер НА):

$$U(t) = \langle S(t), S_{NSj}(t), n_{1jz}(t) \rangle = \langle S, (S^*, S_{NSj}^*(l), n_{1jz}^*(l)), (S^*, S_{NSj}^*, n_{1jz}^*, \Delta n_{1jz}) \rangle. \quad (2)$$

$\omega \in \Omega$: (Ω, B, P) вероятностное пространство, где Ω – пространство элементарных событий, B – σ – алгебра событий из Ω , P – вероятностная мера на B ; $\hat{\omega}$ – фактическое значение случайной величины ω ; S^* – фиксированная структура ВС с учётом зонирования; S_{NSj}^*, n_{1jz}^* – фиксированная структура j – ой НС, фиксированные значения оборотов z -го НА на j -ой НС после решения задачи планирования режимов работы НС; Δn_{1jz} – изменение величины оборотов z -го НА на j -ой НС после решения задачи стабилизации давлений в диктующих точках ВС; $h_i(t, \hat{\omega})$ – фактический напор в i -ом узле сети; $h_{it}(l)$ – прогнозируемый напор в i -ом узле сети, вычисленный в момент времени t с упреждением l ($l=1, 2, \dots, 24$); $h_i^{(c)+}$ – минимальный допустимый напор в узле i ; v – количество узлов в ВС.

В докладе приводятся математические постановки рассматриваемых задач, методы и результаты их решения.

1. Чупин, Р. В. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / Р. В. Чупин, Е. С. Мелехов. – Иркутск. : Изд-во ИрГТУ, 2011. – 323 с. 2. Тевяшев, А. Д. Стохастическая модель и метод зонирования водопроводных сетей [Текст] / А. Д. Тевяшев, О. И. Матвиенко. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 1(67). – С. 17–24. 3. Тевяшев, А. Д. Стохастическая модель и метод оперативного планирования режимов работы насосных станций [Текст]: матер. IV междун. науч. – тех. конф. / А. Д. Тевяшев, О. И. Матвиенко, Г. В. Никитенко // Вода. Экология. Общество. – Х. : ХНУГ им. Бекетова, 2014. – С. 61–64. 4. Тевяшев, А. Д. Об одной стратегии оперативного планирования режимов работы насосной станции [Текст] / А. Д. Тевяшев, О. И. Матвиенко. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 3.