

УДК 658.265 + 681.518.2

## МЕТОД НОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Л.С. Казаринов, О.В. Колесникова, Т.А. Барбасова, А.Р. Хасанов*

Рассмотрен метод нормирования потребления воды в системе оборотного и технического водоснабжения промышленного предприятия, основанный на определении удельного расхода воды отдельного производственного участка. Задачу нормирования предлагается решать на основе кластеризации и регуляризации экспериментальных данных по удельному расходу воды. Приводится форма представления отчетной информации по использованию воды производственными участками за месяц.

Ключевые слова: нормирование; прогнозирование; потребление воды; водоснабжение; ресурсосбережение.

Нормирование и прогноз потребления технической воды осуществляется с целью снижения потерь воды в системе оборотного и технического водоснабжения промышленного предприятия. Экономия технической воды приводит к снижению затрат электрической энергии на перекачку воды.

Задача нормирования и прогноза потребления энергетических ресурсов, в частности технической воды, электроэнергии, для промышленных предприятий рассмотрена в работах многих авторов, например, [1–7].

В данной работе предлагается метод нормирования и прогноза потребления воды в системе оборотного и технического водоснабжения промышленного предприятия, основанный на определении удельного расхода воды отдельного производственного участка. Для нормирования и прогноза потребления воды принимается отчетный период – месяц.

Удельный расход воды  $i$ -го производственного участка:

$$g_i = \frac{G_i}{P_i}, \quad (1)$$

где  $g_i$  - удельный расход воды, т/единица продукции;  $G_i$  – полное потребление воды, т;  $P_i$  - количество продукции, произведенной  $i$ -ым производственным участком, единица продукции.

Следует отметить, что значения расхода воды в системе оборотного и технического водоснабжения характеризуются большим разбросом, что связано с нерациональным потреблением и потерями воды. В связи с этим при нормировании водопотребления необходимо предварительно проводить кластеризацию экспериментальных данных по удельному расходу воды производственного участка на регулярные данные и аномальные выбросы [8, 9].

Далее на регулярных экспериментальных данных методом наименьших квадратов определяется средний уровень удельного расхода воды – допустимая граница удельного водопотребления. На данных, находящихся ниже допустимой границы, также методом наименьших квадратов определяется номинальная граница удельного водопотребления.

Данные, находящиеся выше допустимой границы удельного водопотребления свидетельствуют о недопустимом уровне расхода воды. Данные, находящиеся на допустимой границе, а также между допустимой и номинальной границами свидетельствуют о допустимом расходе воды. Данные, находящиеся на оптимальной границе удельного водопотребления, а также ниже нее – об экономии расхода воды.

Рис. 1 наглядно иллюстрирует приведенное выше разделение набора регулярных экспериментальных данных на указанные группы.

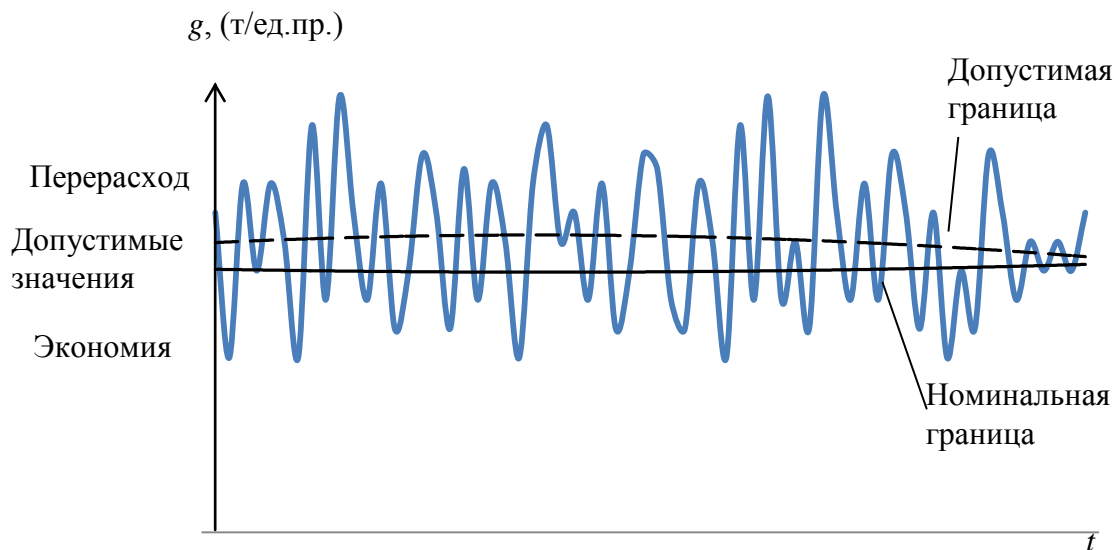


Рис. 1. Разделение набора данных

Далее на регулярных экспериментальных данных, свидетельствующих о допустимом и номинальном расходе воды, можно построить зависимость удельного расхода воды от количества произведенной продукции производственным участком.

Общий вид указанной зависимости:

$$g_i = f(P_i). \quad (2)$$

Зависимость (2) в частном случае может быть представлена в экспоненциальном виде:

$$g_i = \exp(a_{i0} + a_{i1}P_i), \quad (3)$$

где  $a_{i0}$ ,  $a_{i1}$  – коэффициенты, определяемые для каждой зависимости.

Построение зависимостей (3) для отдельного производственного участка будем осуществлять по критерию точности и регуляризирующему критерию на двух наборах данных: экспериментальных и регуляризирующих. Экс-

периментальные данные отражают результаты наблюдений реальных значений по расходу вода. Регуляризирующий набор данных является дополнительным и используется для восполнения недостающей информации, которой не содержится в данных реальных наблюдений. В качестве регуляризирующего набора данных могут быть использованы нормативные данные.

Запишем критерий точности:

$$\sigma_i^2 = \sum_{t \in T} (g_{it} - \exp(a_{i0} + a_{i1}P_{it}))^2, \quad (4)$$

где  $g_{it}$  – расход воды  $i$ -го производственного участка на момент наблюдения  $t$ ,  $t$ ;  $P_{it}$  – фактическое значение количества продукции, произведенной  $i$ -ым производственным участком на момент наблюдения  $t$ , единица продукции;  $T$  – множество моментов наблюдения.

Регуляризирующий критерий:

$$R_i^2 = \sum_{j=0,1} (a_{ij} - a_{ij}^n)^2, \quad (5)$$

где  $a_{ij}^n$  – нормативные значения коэффициентов  $a_{ij}$ .

Целевая функция представляет собой функцию Лагранжа:

$$Q_L = (1 - \alpha_R)\sigma^2 + \alpha_R R^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $\alpha_R \in [0; 1]$  – регуляризирующий множитель.

При этом значение регуляризирующего множителя  $\alpha_R$  выбирается из следующих условий. При  $\alpha_R = 0$  задача решается только на экспериментальных данных и в общем случае является некорректно поставленной. При  $\alpha_R = 1$  задача решается только на регуляризирующих данных и по определению является корректно поставленной. Однако при этом получаемое решение не отражает реальные экспериментальные данные. Поэтому при выборе значения  $\alpha_R$  необходимо задавать минимально возможное значение, при котором сохраняется корректность постановки задачи.

С целью облегчения процедуры нормирования потребления воды должно быть разработано программное обеспечение, позволяющее централизованно хранить данные о фактическом удельном расходе воды и объемах произведенной продукции ежемесячно за неограниченный промежуток времени для каждого производственного участка, настраивать права доступа персонала к наборам данных, выполнять расчет зависимостей для получения коэффициентов  $a_{i0}$  и  $a_{i1}$ , отображать на экране и выводить на печать графики зависимостей. В программе должно быть предусмотрено создание зависимостей вида (3) для зимнего и летнего периодов.

Прогноз объемов потребления воды отдельным производственным участком может осуществляться на основе построенных зависимостей вида (3) и плановых объемов производства продукции для отдельного производственного участка на месяц по соотношению:

$$G_i^{np} = g_i P_i^{nl}, \quad (7)$$

где  $G_i^{np}$  - прогнозный объем потребления воды отдельным производственным участком, т;  $P_i^{nl}$  - плановый объем производства продукции для производственного участка на месяц, единица продукции.

Таким образом, для нормирования и прогноза потребления воды в системе оборотного и технического водоснабжения промышленного предприятия необходима отчетная информация по итогам за месяц об объемах произведенной продукции и фактических удельных расходах воды на каждый вид продукции в соответствии с принятой структурой учета воды для производственных участков, а также информация по плановому объему производства продукции для производственных участков на месяц. Форма представления отчетной информации по использованию воды производственными участками за месяц может иметь вид, представленный таблицей.

Таблица

Анализ использования воды подразделениями

Наименование участка	Наименование продукции	Выработка продукции, единица продукции	Удельный расход воды, т/ед. продукции			Полный расход воды, т		Экономия (-) Перерасход (+)	
			расчетный		фактический	расчетный	фактический	т	%
			доп.	ном.					

В таблице кроме фактических значений по выработке продукции, полному и удельному расходу воды указываются расчетные значения: полного расхода воды, определяемого по соотношению (7), удельного допустимого и удельного номинального расходов воды, определяемых по соотношению (3) на соответствующих наборах данных (допустимых и номинальных).

#### Библиографический список

1. Казаринов, Л.С. Метод прогнозирования электропотребления промышленного предприятия / Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова, О.В. Колесникова, А.А. Захарова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2014. – Т. 14. – № 1. - С. 5–13.
2. Казаринов, Л.С. Оптимальное прогнозирование потребления энергетических ресурсов по стоимостному критерию / Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова, А.А. Захарова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 13. - № 1. - С. 90–94.
3. Копцев, Л.А. Нормирование и прогнозирование потребления электроэнергии на промышленном предприятии / Л.А. Копцев, А.Л. Копцев // Промышленная энергетика. – 2011. - № 1. - С. 18–23.
4. Гринев, А.В. Комбинированный метод расчета норм потребления топливно-энергетических ресурсов / А.В. Гринев // Энергосбережение и водоподготовка. - 2011. - № 6. - С. 42–44.

5. Кудрин, Б.И. О теоретических основах и практике нормирования и энергосбережения / Б.И. Кудрин // Промышленная энергетика. - 2000. - № 6. - С. 33–36.

6. Пермин, С.М. Планирование, учет, нормирование и повышение эффективности использования энергоресурсов на Астраханском ГПЗ / С.М. Пермин, И.В. Долотовский, Е.А. Ларин, Н.В. Долотовская // Газовая промышленность. - 2010. - № 10. - С. 25–28.

7. Щелоков, Я.М. О нормировании энергетических показателей / Я.М. Щелоков // Промышленная энергетика. - 2007. - № 10. - С. 50–53.

8. Казаринов, Л.С. Методика идентификации производственных характеристик на основе кластеризации данных / Л.С. Казаринов, О.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2007. – Вып. 5. – № 7(79). – С. 27–28.

9. Крянев, А.В. Математические методы обработки неопределенных данных / А.В. Крянев, Г.В. Лукин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216 с.