

А. В. Михалицын, О. В. Панченко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

Ключевые слова: электромагнитное воздействие, переходный процесс, жёсткость воды.

В статье рассматриваются модели водоподготовки и получения воды нормативного качества с помощью электромагнитного воздействия в диапазоне звуковых частот.

Keywords: electromagnetic effects, transition, water hardness.

The paper discusses the model of water treatment and getting water quality standard by electromagnetic interference in the audio band.

Данная работа посвящена оценке результатов работы Дмитриевой А.Ю. «Экологические и технологические аспекты применения электромагнитной обработки в целях умягчения воды» [1], в которых рассмотрена водоподготовка и получение воды нормативного качества с помощью электромагнитного воздействия в диапазоне звуковых частот и представлен результат такого воздействия на столб воды в статическом режиме в виде графика (рис.1) [1].

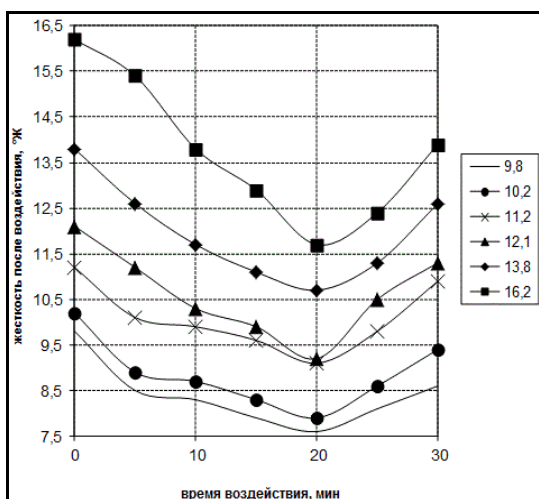


Рис. 1 – Зависимость изменения жесткости раствора от времени воздействия электромагнитного излучения

Исследуя представленный график, приходим к выводу, что это представлен переходный процесс изменения жесткости воды. Недостаток представленного результата заключается в том, что необходимо было провести исследования таким образом, чтобы была возможность удостовериться в периодичности колебаний и определить их период. Для того чтобы устранить недостаток полученных результатов воспользуемся модулем Simulink системы MATLAB.

Рассматривая представленные графики можно прийти к заключению, что переходные процессы являются результатом работы замкнутой системы регулирования с единичной обратной связью, состоящей из колебательного звена, передаточная функция которого имеет вид [2]:

$$W(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2\xi Tp + 1},$$

где K – коэффициент усиления; T – постоянная времени; ξ – показатель колебательности, который влияет на затухание переходного процесса.

После моделирования данной системы и итерационного процесса выбора параметров системы регулирования приходим к выводу, что показатель колебательности равен нулю, т.е. система регулирования вырождается в систему с консервативным звеном, что свидетельствует о том, что переходный процесс будет иметь незатухающие колебания [2]:

$$W(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 1}. \quad (1)$$

Структурная система модели в среде MATLAB, после итерационных процессов определения параметров системы представлена на рис. 2 (подбор производился для модельного раствора с жесткостью 16,2°Ж). Результат моделирования представлен на рис. 3.

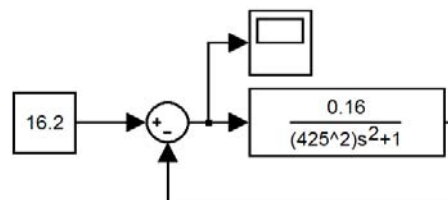


Рис. 2 – Имитационная модель воздействия электромагнитного излучения на жесткость раствора в модуле Simulink среды MATLAB

После определения модели и передаточной функции первого приближения найдем реальный коэффициент усиления консервативного звена системы регулирования [2]:

$$K = \frac{A}{x_0},$$

где A – амплитуда колебаний; x_0 – входной сигнал (для данной системы начальная жесткость).

Тогда, рассматривая представленные переходные процессы, получаем коэффициент усиления, изменяющийся в пределах от 0,094 до 0,139, но из описания процесса исследования влияния электромагнитного излучения на жесткость воды [1] следует вывод, что коэффициент усиления

при таких условиях не может быть переменным, т.е. при измерениях жесткости воды сказался допуск метода измерения жесткости [3-4], который не может превышать 15%. В связи с этим прием коэффициент усиления равным 0,139.

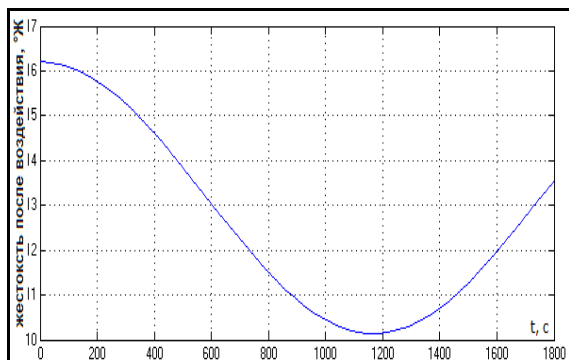


Рис. 3 – Переходный процесс воздействия электромагнитного излучения на жесткость раствора

Определим постоянную времени консервативного звена [2]:

$$T = \frac{T_1}{2\pi},$$

где T_1 – период незатухающих колебаний переходного процесса, который согласно исследованиям [1] и при условии системы регулирования с консервативным звеном будет равен двойному времени, при котором наблюдается минимум переходного процесса.

Тогда постоянная времени для данной системы будет равна 382 с.

Следовательно, передаточная функция консервативного звена (1) будет иметь вид:

$$W(p) = \frac{0,139}{382^2 p^2 + 1} \quad (2)$$

Таким образом, переходный процесс системы умягчения воды, имитационная модель которого представлена на рис. 1 с учетом (2) будет выражаться формулой:

$$y = y_0 \left(1 - 0,139 \left(1 - \cos \frac{t}{382} \right) \right) \quad (3)$$

где y – жесткость раствора в момент времени t воздействия электромагнитного излучения; y_0 – начальная жесткость раствора.

Моделируя данный переходный процесс в Excel'e, получим график:

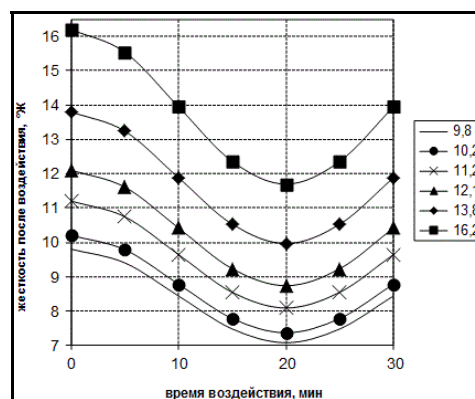


Рис. 4 – Теоретическая зависимость изменения жесткости раствора от времени воздействия электромагнитного излучения

Сравнивая графики на рис. 1 и 4 заметно отклонение в теоретической модели при малых жесткостях раствора от реальных данных, которое укладывается в допуски согласно [3-4].

Модель процесса умягчения воды электромагнитным способом представленная в данной работе (3), наилучшим образом отображает процесс умягчения воды, чем модель представленная в работе [1] Дмитриевой А.Ю.

Прикладная сторона рассмотренных в данной статье моделей, могут применяться для получения воды требуемого качества, в том числе и в жилищно-коммунальном хозяйстве [5].

Литература

1. Дмитриева А.Ю. Экологические и технологические аспекты применения электромагнитной обработки в целях умягчения воды: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань, 2012.
2. Калинин В.С. Основы теории систем автоматического регулирования и управления. – Тверь: ТГТУ, 2006. 196 с.
3. ГОСТ 27384-2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств.
4. ГОСТ Р 52407-2005. Вода питьевая. Методы определения жесткости.
5. Л. Р. Ибрашева. Энергосберегающие технологии в жилищно-коммунальном хозяйстве России // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2012. – Т.15, №7. – С. 224-230.