

УДК 534.6:532

ББК 22.321

К 66

### **Коржаков А.В.**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-39-11, e-mail: korhakov-av@yandex.ru*

### **Коржакова С.А.**

*Кандидат социологических наук, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-39-11, e-mail: korhakov-av@yandex.ru*

## **Методика расчета параметров акусто-магнитного аппарата обработки жидкости (Рецензирована)**

### **Аннотация**

*Статья представляет методику расчета технических характеристик акусто-магнитного аппарата, оптимизирующего процесс подготовки воды для гидропонной установки, предназначенной для выращивания растений без почвы, на искусственных питательных растворах. Предложенная методика позволяет проектировать аппараты различных размеров и типов, необходимых для различных производственных мощностей. Рассмотрены следующие технические характеристики акусто-магнитного аппарата: рабочая частота, габаритные размеры магнитострикционного излучателя, а также характеристики элементов электрических и механических цепей магнитострикционного излучателя.*

**Ключевые слова:** *акусто-магнитный аппарат, расчет размеров, выбор акустических параметров, выбор электрических и магнитных параметров, расчет акустической составляющей.*

### **Korzhakov A.V.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Automated Systems of Processing Information and Control of Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 59-39-11, e-mail: korhakov-av@yandex.ru*

### **Korzhakova S.A.**

*Candidate of Sociology, Associate Professor of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 59-39-11, e-mail: korhakov-av@yandex.ru*

## **Methods of parameter calculation of the acoustic magnetic device for liquid processing**

### **Abstract**

*The paper presents a method of calculation of specifications for the acoustic magnetic device optimizing the water preparation for hydroponic installations, intended for cultivation of plants without soil, using artificial nutritious solutions. The proposed technique allows us to design devices of various sizes and types needed for various capacities. The following specifications of the acoustic magnetic device are examined: working frequency, overall dimensions of a magnetostriction radiator, as well as characteristics of elements of electric and mechanical chains of a magnetostriction radiator.*

**Keywords:** *acoustic magnetic device, calculation of the sizes, choice of acoustic parameters, choice of electric and magnetic parameters, calculation of an acoustic component.*

В последние годы во всем мире, на фоне полуголодного существования большей части населения, не ослабевает интерес к гидропонике, позволяющей выращивать растения без почвы, на искусственных питательных растворах. Данный способ выращивания растений, представлявший ранее чисто научный интерес, в настоящее время нашел широкое применение в мире, т.к. позволяет получить высокие и устойчивые результаты при снижении себестоимости продукции [1]. В растениеводстве защищенного грунта этот метод открывает возможности для механизации и автоматизации производственных процессов.

Выращивание растений гидропонным методом особенно эффективно в районах крайнего Севера, пустынных и горных районах, в крупных тепличных хозяйствах, расположенных в зоне больших городов. В связи с быстрым развитием и внедрением гидропоники большое значение имеет обобщение результатов научных исследований и передового опыта фирм, занимающихся выращиванием растений гидропонным методом, и предложение на основе опытных разработок научно обоснованных новых методов выращивания растений без почвы. В настоящее время существуют следующие основные методы гидропоники: агрегатопоники, водная культура, хемопоники, ионопоники, аэропоники [2].

Для всех методов гидропоники существует необходимость приготовления питательного раствора, для которого нужно использовать воду, разрешенную контролирующими учреждениями для неограниченного применения в качестве питьевой воды. К воде добавляют соответствующие минеральные соли и проводят регулирование показателя  $pH$  на уровне слабокислого ( $5,0 \leq pH \leq 6,8$ ), который является благоприятным для большинства сельскохозяйственных культур, как установлено многими исследователями. Но большинство проб воды демонстрирует ее щелочные свойства ( $pH > 7,0$ ) из-за содержания карбонатов. Поэтому перед растворением в воде питательных солей необходимо воду подкислить, для чего пользуются технической серной кислотой. Однако эта операция трудоемка, проверка значения  $pH$  раствора должна производиться быстро и часто, что создает актуальную проблему для промышленных гидропонных установок и требует больших затрат.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве применяются аппараты магнитной обработки воды, по сути являющиеся постоянными магнитами и электромагнитами. Они относительно просты по конструкции и сравнительно недороги, но к основным их недостаткам следует отнести *невозможность гибкого регулирования выходных значений параметров*, что приводит к получению жидких сред с различными свойствами. Так как диапазон адаптивной способности растительных культур узок, то становится проблематичным применение этих аппаратов для обработки воды с целью ее дальнейшего применения в сельском хозяйстве.

Для устранения описанных несоответствий предлагается решить проблему путем безреагентного способа изменения показателя  $pH$  посредством акусто-магнитного аппарата [3] в автоматизированной системе управления величинами акустического и магнитного поля.

Так как в гидропонных установках используются трубы с различными диаметрами, изготовленные из различных материалов, различны и ферромагнитные материалы, типы ферритовых колец, являющихся основой акусто-магнитного аппарата, то для каждого образца требуется специальный расчет всех характеристик аппарата акусто-магнитной обработки воды с целью создания малых серий различных по типоразмеру аппаратов на основе теории подобия. Однако существуют промежуточные этапы: проектирование схемы аппарата, создание макета аппарата, создание экспериментального образца, создание серийного образца, внедрение его в мелкосерийное производство. Поэтому возникает объективная необходимость в создании *автоматизированной методики расчета значений параметров акусто-магнитного аппарата*.

Существующие в настоящее время методики электротехники [4-8] позволяют рассчитывать отдельно значения параметров акустических и магнитных излучателей, но их необходимо адаптировать к расчету конструкций, у которых акустическая и магнитная часть аппарата объединены в единое целое.

Расчет параметров акусто-магнитного аппарата необходимо начинать с выбора значений акустических параметров ультразвуковой части аппарата, а затем проводить расчет электромагнитных параметров аппарата, чтобы вновь проектируемый аппарат

был подобен его прототипам по требуемым характеристикам. Акусто-магнитный аппарат имеет четыре взаимосвязанных контура: (1), (2) – контуры трансформатора; (3) – электромагнитный контур; (4) – акустический контур.

Пусть известна экспериментально установленная требуемая рабочая частота излучателя, обеспечивающая оптимальное значение показателя  $\rho H$ .

1. Расчет габаритных размеров магнитоотрицательного излучателя (4).

1.1. Из формулы  $f = \frac{c}{2\pi R_{cp}}$  [4, 5], где  $c$  – скорость распространения упругих колебаний в феррите, следует значение  $R_{cp}$  – среднего радиуса ферритового кольца (кроме того  $R_{cp} = \frac{R_n + R_g}{2}$ , где  $R_n$  – наружный радиус кольца,  $R_g$  – внутренний радиус кольца), но это значение радиуса может не удовлетворять производственным требованиям по диаметру трубы, тогда рассматриваем ближайшее подходящее значение из возможных вариантов отношения  $\frac{c_0}{2\pi f_0}$  для различных промышленных образцов, где  $f_0$  – резонансная частота ферритового кольца-образца,  $c_0$  – скорость распространения упругих колебаний в ферритовом кольце-образце.

1.2. Оптимальная величина среднего диаметра ферритового кольца излучателя

$$D_{cp} = 2R_{cp}.$$

1.3. Активная ширина кольца излучателя по среднему диаметру  $D_{cp}$ :

$$a = (0,15 \div 0,2)D_{cp},$$

т.к. экспериментально [6] установлено, что оптимальная ширина активной части  $a$  кольца лежит в пределах 15-20% величины среднего диаметра кольца излучателя  $D_{cp}$ .

1.4. Наружный и внутренний диаметры колец излучателя:

$$D_{вн} = D_{cp} - \frac{a}{2}, \quad D_n = D_{cp} + \frac{a}{2}.$$

1.5. Площадь поперечного сечения  $S_n$  ферритового кольца:

$$S_n = \frac{m}{2\pi R_{cp} \rho}.$$

1.6. Вертикальный размер ферритового излучателя

$$h = \frac{S_n}{a}.$$

1.7. Расчет количества витков  $N_i$  контура (4) (акустической части) моделируем при помощи вычислительной техники для различных приемлемых значений толщины  $d_i$  провода:

$$N_i = \frac{\pi D_{вн}}{d_i}.$$

1.8. Напряжение возбуждения излучателя

$$U = 2\pi f N_i S_n B,$$

где  $B$  – амплитуда переменной магнитной индукции (находится по кривым магнитоотрицательности) [4].

2. Расчет элементов электрической цепи контура, составляющего магнитоотрицательный излучатель.

2.1. Потребляемая излучателем электрическая мощность определяется по формуле [4]:

$$P_n = P_m + P_{эн},$$

где  $P_m = P_a + P_{мт}$  – механическая мощность;  $P_a = \frac{(2B\beta\pi\eta_{ам}S_n)^2}{\rho c S_{бок}}$  – акустическая мощность;  $\beta$  – магнитоstrictionная постоянная определенного материала;  $P_{мт}$  – мощность механических потерь;  $P_{эн} = 2\sigma_n B^2 V$  – мощность электрических потерь;  $\sigma_n$  – коэффициент, учитывающий потери на вихревые токи и гистерезис, зависящий от  $f$ , находим по специальным графикам или таблицам.

Известно [4], что  $P_m = \frac{P_a}{\eta_{ам}}$ , где  $\eta_{ам} = \frac{\eta_{аэ}}{\eta_{мэ}}$ , причем  $\eta_{мэ} \in [0,7; 0,9]$  – механико-индуктивный к.п.д.;  $\eta_{аэ} \in [0,2; 0,5]$  – акусто-электрический к.п.д.

2.2. Ток возбуждения и поляризации излучателя [4]:

$$I_{изл} = \sqrt{I_n^2 + (I_{эн} + I_m)^2}; \quad I_{эн} = \frac{P_{эн}}{U}; \quad I_n = \frac{\pi B R_{cp}}{N\mu}; \quad I_m = \frac{P_m}{U}; \quad I_n = \frac{2\pi B R_{cp}}{N\mu}.$$

Общий ток излучателя

$$I = \sqrt{I_n^2 + I_{изл}^2}.$$

2.3. Сечения провода обмотки (4) моделируем при помощи вычислительной техники по формуле

$$S_{изл} = \frac{I}{j_m},$$

где  $j_m$  – допустимая плотность тока по условиям теплоотвода, экспериментально установлено [8], что  $j_m \leq 3$  А/мм<sup>2</sup>.

2.4. Диаметр провода без изоляции находится из выражения

$$D_{изл} = 2\sqrt{\frac{S_{изл}}{\pi}}.$$

3. Расчет двух взаимосвязанных контуров (1)-(2) акусто-магнитного аппарата.

3.1. Рабочее напряжение первичной обмотки двух взаимосвязанных контуров

$$U_c = I_{общ} \sqrt{R_{ом}^2 + R_{инд}^2},$$

где  $R_{ом}$  – омическое сопротивление катушки;  $R_{инд}$  – индуктивное сопротивление катушки;  $I_{общ}$  – ток первичной обмотки [7].

3.2. Находим расчетные числа витков первичной и вторичной обмоток двух взаимосвязанных контуров (1) и (2):

$$W_{пер} = \omega U_c, \quad W_{втор} = \omega U_n,$$

где  $U_c$  – напряжение, подаваемое на излучатель;  $U_n$  – напряжение, подаваемое на обмотку управления,  $\omega = \frac{33,3}{S_n}$  [8].

3.3. Определение сечения провода обмоток (1)-(2):

$$S = 1,13 \sqrt{\frac{I_{общ}}{j_m}},$$

где  $j_m$  – допустимая плотность тока по условиям теплоотвода.

3.4. Диаметр провода обмоток (1)-(2) без изоляции находится из выражения

$$D = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

#### 4. Расчет параметров рабочей зоны аппарата.

4.1. Площадь проходного сечения воды в рабочем зазоре (для определения диаметра трубы, проходящей через рабочую зону аппарата обработки жидкости)

$$S_g = \frac{Q_p}{0,36\pi m},$$

где  $Q_p$  – часовой расход воды;  $m$  – число включенных в параллель рабочих зазоров (определяется на основании моделирования) [7].

#### 4.2. Длина пути жидкости в активной зоне аппарата

$$L = v\tau,$$

где  $v$  – параметр скорости воды в рабочем зазоре аппарата;  $\tau$  – время прохождения жидкости через активную зону аппарата [7].

После намотки рассчитанных контуров и подключения их к генератору окончательная корректировка величин производится экспериментально до получения модели, подобной требуемой по критерию  $\pi = \frac{L}{f}$ . Так как существует разброс в магнитных свойствах магнитоstrictionных материалов, типах и размерах промышленно изготавливаемых ферритовых колец, являющихся основой магнитоstrictionного излучателя, то необходима корректировка параметров, значительно изменяющихся в процессе изготовления.

Разработанную методику расчета акусто-магнитного аппарата рекомендуется применять при проектировании различных типов аппаратов, предназначенных для выпуска мелких серий аппаратов, имеющих различные характеристики.

#### Примечания:

1. Бедриковская Н.П. Гидропоника комнатных цветов. Киев: Наука думка, 1972. 63 с.
2. Гиль Л.С., Пашковский А.И., Сулима Л.Т. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: практ. руководство. Житомир: Рута, 2012. 468 с.
3. Коржаков А.В., Лойко В.И. Исследование эффективности акусто-магнитной обработки водных систем // Научный журнал КубГАУ. Краснодар, 2004. № 5 (03).  
URL: <http://www.ej.kubagro.ru/2004/03/07/p07/asp>
4. Расчет исполнительных, корректирующих и преобразовательных элементов автоматизированных систем / П.И. Чинаев, Н.М. Чумаков, А.П. Жданов, В.И. Панов и др.; / под общ. ред. Н.М. Чумакова. М.: Техника, 1971. 308 с.
5. Казанцев В.Ф. Расчет ультразвуковых преобразователей для технологических установок. М.: Машиностроение, 1980. 42 с.
6. Булычева З.Н., Ганева Л.И., Голямина И.П. Отечественные материалы для магнитоstrictionных преобразователей // Вопросы судостроения. Сер. Акустика. 1974. Вып. 1. С. 24-39.
7. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. М.: Энергия, 1977. 184 с.
8. Мартынихин Г. Расчет тороидальных трансформаторов // Радио. 1972. № 3. С. 42.

#### References:

1. Bedrikovskaya N.P. Hydroponics of window plants. Kiev: Naukova dumka, 1972. 63 pp.
2. Gil L.S., Pashkovsky A.I., Sulima L.T. Modern vegetable growing in hothouses and in open ground: a practical guide. Zhitomir: Ruta, 2012. 468 pp.
3. Korzhakov A.V., Loyko V.I. Research of efficiency of acoustic and magnetic treatment of water systems // Scientific journal of KubGAU. Krasnodar, 2004. No. 5 (03).  
URL: <http://www.ej.kubagro.ru/2004/03/07/p07/asp>
4. Calculation of final control, correction and transforming elements of computerized systems / P.I. Chinaev, N.M. Chumakov, A.P. Zhdanov, V.I. Panov, etc.; / general ed. by N.M. Chumakov. M.: Tekhnika, 1971. 308 pp.
5. Kazantsev V.F. Calculation of ultrasonic transducers for process installations. M.: Mashinostroenie, 1980. 42 pp.
6. Bulycheva Z.N., Ganeva L.I., Golyamina I.P. Domestic materials for magnetostrictive transducers Problems of shipbuilding. Ser. Acoustics. 1974. Iss. 1. P. 24-39.
7. Tebenikhin E.F. Reagentless methods of water treatment in power installations. M.: Energiya, 1977. 184 pp.
8. Martynikhin G. Calculation of toroidal transformers // Radio. 1972. No. 3. P. 42.