Известия ТРТУ Тематический выпуск 60 Результаты исследований, проведенных с использованием универсального блока регистрации, докладывались сотрудником института вулканологии ДВО РАН к.т.н. Дрозниным В.А. в университете Тохоку, Япония на семинаре по геотермальным ресурсам Камчатки; Workshop on Geotermal Resources in Kamchatka, Department of Geoscience & Technology, Tohoku University, Senday, Japan/. Блок регистрации экспонировался на международной выставке CeBIT 2000 в г. Ганновере. ЛИТЕРАТУРА 1. Каталог Electronic Welt’96’. 2. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978. УДК 534.222.2 И.Б. Аббасов ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛКОВОДЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ Для оценки экологического состояния водной среды используется гидроакустическая локационная система на основе акустической параметрической антенны. При решении вопроса об анализе свойств неоднородностей водной среды параметрические антенны, в отличие от линейных антенн, имеют преимущество в широкополосности и узконаправленности, что является немаловажным для целей локации. В качестве рассеивателей рассматриваются взвеси и неоднородности водной среды, имеющие как биологическое, так и техногенное происхождение. При нахождении рассеивателя в области нелинейного взаимодействия высокочастотных волн накачки параметрической антенны задача рассеяния приобретает нелинейный характер, т.к. рассеиваются сами волны накачки. Необходимо отметить, что неоднородности в нашем случае имеют геометрически правильную форму. За некоторой областью вокруг рассеивателя в результате нелинейного взаимодействия волн накачки образуется рассеянное поле вторичных волн. Принимая рассеянные сигналы по всем волнам вторичного поля, можно оценить свойства неоднородностей в широком диапазоне волновых размеров, что даст возможность повысить информативность принимаемого сигнала для целей ближней локации. Для передачи информации о подводной обстановке возможно использование автономных радиогидроакустических систем в прибрежной зоне. Данная задача представлена на рис.1. Математическое моделирование и системные исследования в экологии 61 Рис.1. Представление исследуемой задачи Вопросы нелинейного рассеяния акустических волн на телах правильной геометрической формы является эталонной в теории взаимодействия звуковых волн [1,2]. Физические процессы, происходящие при рассеянии нелинейно взаимодействующих плоских акустических волн на телах сферической формы, были исследованы в работах [3,4]. В работе [5] исследовались вопросы применения акустической параметрической антенны для оценки экологического состояния водных акваторий. Рассмотрим задачу рассеяния поля акустической параметрической антенны на неоднородностях водной среды, имеющих цилиндрическую форму. Геометрия исследуемой задачи представлена на рис.2. Рис.2. Геометрия задачи Предположим, что в пространстве существуют нелинейно взаимодействующие волны накачки параметрической антенны частот ω1 и ω2 с плоским волно- Известия ТРТУ Тематический выпуск 62 вым фронтом. В нашем случае цилиндр является акустически жестким. После рассеяния на жестком цилиндре с радиусом a в окружающем пространстве вокруг него будут распространяться рассеянные волны частот ω1 и ω2 с цилиндрическим волновым фронтом. В пространстве с радиусом d вокруг цилиндра в виде некоторого цилиндрического слоя среды будут взаимодействовать падающие плоские и рассеянные цилиндрические волны с частотами ω1 и ω2 . За цилиндрическим слоем среды в результате нелинейного взаимодействия будут распространяться волны вторичного поля с частотами ω 2 −ω1 и ω2 +ω1 , а также вторые гармоники исходных волн 2ω1 и 2ω2 . При этом считаем, что исходные волны за областью нелинейного взаимодействия полностью затухают. Точка M ( ) r,ϕ является точкой наблюдения, а ( ) ' ' ' M r ,ϕ – текущей точкой цилиндрического слоя среды, ' ' r ,ϕ – координаты источников вторичных волн, 1r – расстояние между текущей точкой ( ) ' ' ' M r ,ϕ и точкой наблюдения M ( ) r,ϕ . Общее первичное поле акустического давления при этом будет состоять из полей с двумя частотами ω1 и ω2 [ ]       = + = ∑ + + ∞ =0 1 (1) 1 0 10 1 (1) 2 (1) 1 (1) exp ( 2) l l p p p iω ρ ψ B i ω t lπ [ ] +    +   ∑ − − ∞ = exp ( 2) ( . ) 0 (1) 1 (1) 2 B i t k c m m ω δ m π [ ]       ∑ + + ∞ =0 2 (2 ) 2 0 20 1 exp ( 2) l l iω ρ ψ B i ω t lπ [ ]    +   ∑ − − ∞ = exp ( 2) ( . .) 0 (2) 2 (2) 2 B i t k c m m ω δ m π , (1) где B ε l Jl kn r lϕ n l ( ) cos ( ) 1 = , B A D mϕ n m n m n m cos ( ) ( ) ( ) 2 = . Данная задача рассеяния решается с помощью неоднородного волнового уравнения, которое описывает нелинейные процессы, происходящие в первичном поле 2 2 (1) 0 4 0 2 2 (2) 2 0 (2) 2 1 t p c Q t p c p ∂ ∂ ρ ε ∂ ∂ ∆ − = − = − , (2) где Q -объемная плотность источников вторичных волн, с0 -скорость звука в среде, ε -параметр квадратичной нелинейности, ρ0 -плотность невозмущенной среды, p( ) 1 и p( ) 2 -общее акустическое давление первичного и вторичного полей. Математическое моделирование и системные исследования в экологии 63 Данное волновое уравнение решается методом последовательных приближений. Решением первого приближения является выражение для общего акустического давления первичного поля p( ) 1 (1). Для поиска решения во втором приближении p( ) 2 правая часть выражения (2) будет состоять из четырех частотных составляющих: 2ω1 , 2ω2 , ω ω 1 2 + и ω ω 2 1 − =Ω . Рис.3. Пространственная модель диаграммы рассеяния полного акустического давления волны суммарной частоты Основные результаты для волны разностной частоты были представлены в работе [6]. Выражения для акустического давления волны суммарной частоты являются аналогичными выражениям волны разностной частоты. Выражение для полного акустического давления волны суммарной частоты состоит из четырех пространственных слагаемых: ( , ) ( , ) ( , ) ( , ) ( , ) (2) 4 (2) 3 (2) 2 (2) 1 (2) P+ r ϕ = P+ r ϕ + P+ r ϕ + P+ r ϕ + P+ r ϕ . (3) Однако, несмотря на аналогичность выражений, рассеяние для высокочастотной суммарной волны носит геометрический характер. На рис.3 представлена пространственная модель диаграммы рассеяния полного акустического давления волны суммарной частоты на жестком цилиндре с волновым размером k+ a = 83, рассчитанная на основе выражения (3). В целом можно отметить, что рассматриваемая теоретическая модель достаточно детально описывает физические процессы, происходящие при рассеянии поля акустической параметрической антенны на телах цилиндрической формы. Результаты проведенных исследований дают возможность дистанционно определить не только волновые параметры, но и некоторые механические свойства неод- Известия ТРТУ Тематический выпуск 64 нородностей водной толщи, имеющих биологическое или искусственное происхождение. Автор выражает благодарность Н.П. Заграю за научное руководство. ЛИТЕРАТУРА 1. Piquette J.C., Van Buren A.L. Some further remarks regarding scattering of an acoustic wave by a vibrating surface // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1986.V.80. №5. P.1533-1536. 2. Лямшев Л.М., Саков П.В. Нелинейное рассеяние звука на пульсирующей сфере // Акустический журнал. 1992. Т.38. № 1. С.100-107. 3. Аббасов И.Б., Заграй Н.П. Рассеяние взаимодействующих плоских акустических волн на сфере // Акустический журнал 1994. Т.40. №4. С.535-541. 4. Abbasov I.B., Zagrai N.P. The investigation of the second field of the summarized frequency originated from scattering of nonlinearly interacting sound waves at a rigid sphere // Journal of Sound and Vibration. The University of Southampton. UK., 1998. V.216. №1. P.194-197. 5. Аббасов.И.Б. Использование нелинейно взаимодействующих акустических волн для оценки экологического состояния водной среды. Тезисы докладов XXI научно-техн. конференции «Гагаринские чтения». Москва. МГАТУ. 1995. Ч.5. С.25-26. 6. Аббасов И.Б., Заграй Н.П. Исследование вторичного поля волны разностной частоты при рассеянии нелинейно взаимодействующих плоских акустических волн на цилиндре //Акустический журнал. 1999. Т.45. № 5. С.590-596. УДК 007.52:611.81:629.7 В.Х. Пшихопов, П.Н. Саламаха, В.Е. Иванов АППАРАТНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА БАЗЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО МИНИ-АППАРАТА В регионах России с мощным развитием индустрии экологические факторы равнозначны или превосходят социально-экономические по негативному воздействию на состояние здоровья городских жителей [1, 2]. Из всех форм деградации среды обитания в большинстве городов России наиболее опасным для здоровья населения остается загрязнение атмосферного воздуха и акваторий прилегающих территорий. Исследования и сбор информации о загрязнении, необходимые для построения адекватных моделей, являются дорогостоящими мероприятиями, и в последнее время проводятся всего раз в год или вообще не проводятся. Очевидно, что качественная и количественная оценки экологического состояния атмосферы и акваторий водных поверхностей, как в промышленных, так и жилых зонах требует организации оперативного мониторинга, что достаточно проблематично при использовании имеющихся технических средств. Иными словами, организация экологического мониторинга внешней среды требует перехода на новые принципы построения технических систем и средств, реализующих такой мониторинг. Суть излагаемой работы заключается в разработке на базе мини-самолета автономной системы, которая бы смогла перемещаться по заданной траектории с заданной скоростью и измерять степень загрязнения окружающей среды, без вмешательства человека.