

УДК 681.5.015.8

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ
ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ РАЗЛИЧНЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ СРЕДЫ,
ВКЛЮЧАЯ ПОГРАНИЧНЫЕ И ГРАНИЧНЫЕ СЛОИ, НА ОСНОВЕ
ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Каплин А.В. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – д.т.н., профессор Бобцов А.А.
(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Доклад посвящен математическому моделированию и, как следствие, выводу уравнения функции распространения ультразвукового излучения при прохождении через различные жидкостные среды. В работе показано, что уравнение функции распространения ультразвукового излучения может быть представлено в виде аддитивного набора синусоидальных сигналов/функций, имеющих неизвестные и, в общем случае, нестационарные частоты и фазы. В работе представлен новый алгоритм идентификации нестационарных параметров для указанного класса функций.

В работе рассматривается задача математического моделирования и вывода уравнения функции распространения ультразвукового излучения при прохождении через различные жидкостные среды. Подобная задача актуальна при разработке систем управления сложносоставными системами, работающими в средах с быстро меняющимися окружающими условиями. Подобные устройства находят применения во многих сферах науки и промышленности. Ярким примером данной задачи является система управления механическими системами, функционирующими в жидкостной среде и, как следствие, в модельном представлении задачи, находящиеся под влиянием возмущающих воздействий, имеющих нелинейную динамику [1-3]. Задача динамического нахождения и идентификации неизвестных параметров с нелинейной динамикой легла в основу работы, которая началась с моделирования распространения ультразвукового сигнала в неоднородной жидкостной среде с переменными параметрами.

Решение задачи вывода уравнения функции распространения производится на базе эмпирических данных, полученных в результате экспериментов. В качестве алгоритмов оценивания неизвестных параметров функции распространения ультразвукового излучения использовались подходы, опубликованные в работах [4-6].

В докладе представлено описание экспериментальных испытательных стендов, рассказано о структуре и ходе самой серии экспериментов, а также представлены результаты эмпирических наблюдений, сведенные в базу данных для последующего моделирования уравнения искомой функции.

Также в докладе представлен аналитический вывод уравнения функции распространения сигнала и описаны методы, используемые для оценки установленных неизвестных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] - Changchun Hua, Jian Zhang, Xi Luo, Wenliang Pei, Position-velocity constrained trajectory tracking control for unmanned underwater vehicle with model uncertainties, Ocean Engineering, Volume 266, Part 2, 2022, 112784, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112784>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801822020674>)

[2] - Auwal Shehu Tijjani, Ahmed Chemori, Vincent Creuze, A survey on tracking control of unmanned underwater vehicles: Experiments-based approach, Annual Reviews in Control, Volume 54, 2022, Pages 125-147, ISSN 1367-5788, <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2022.07.001>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578822000864>)

[3] - Аллакулиев Ю. Б., Емелин В. И. Постановка проблемы управления автономными необитаемыми подводными аппаратами и формирование путей ее решения // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 110-121. URL: <http://scs.intelgr.com/archive/2018-04/06-Allakuliev.pdf>.

[4] - Romeo Ortega, Alexey Bobtsov, Nikolay Nikolaev, Johannes Schiffer, Denis Dochain, Generalized parameter estimation-based observers: Application to power systems and chemical–biological reactors, Automatica, Volume 129, 2021, 109635, ISSN 0005-1098, <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2021.109635>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005109821001552>)

[5] - Javier A. Gallegos, Norelys Aguila-Camacho, Necessary and sufficient conditions for convergence of DREM-based estimators with applications in adaptive control, Automatica, Volume 146, 2022, 110597, ISSN 0005-1098, <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2022.110597>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005109822004599>)

[6] - Zhifu Li, Ming Wang, Ge Ma, Tao Zou, Adaptive reinforcement learning fault-tolerant control for AUVs With thruster faults based on the integral extended state observer, Ocean Engineering, Volume 271, 2023, 113722, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113722>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801823001063>)

Каплин А.В. (автор)

Подпись

Бобцов А.А. (научный руководитель) Подпись

