

03, сентябрь 2018

УДК 629.051

Программное обеспечение для оценки точности системы счисления пути автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА)

*Аладышева Е.И., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Подводные роботы и аппараты»
aladysheva_elen@mail.ru*

*Научный руководитель: Егоров С.А., доцент, к.т.н.
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Подводные роботы и аппараты»
sa_egorov@mail.ru*

Аннотация: В статье рассмотрены особенности реализации системы счисления пути (ССП) автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА). В ходе работы был проведён анализ факторов, влияющих на точность СПП, и выявлены наиболее существенные. По результатам исследования было реализовано программное обеспечение в кроссплатформенной среде разработки Qt Creator, позволяющее моделировать движение АНПА с различными конфигурациями СПП.

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат (autonomous underwater vehicle), погрешности датчиков (sensor errors), система счисления пути (dead reckoning system).

Введение

Для выполнения автономным необитаемым подводным аппаратом (АНПА) задач поиска и обследования областей, необходимо обеспечить определение АНПА собственного местоположения, то есть реализовать систему счисления пути (ССП).

Поскольку СПП для АНПА имеет ряд особенностей, таких как невозможность постоянного использования данных спутниковой навигационной системы, требования скрытности и автономности, существенная длительность работы АНПА, она может быть реализована на основе доплеровского лага (ДЛ) и датчика угловой ориентации [3]. В качестве такого датчика может быть использована БИНС или гироскоп.

На борту АНПА устанавливаются жёстко закреплённые ДЛ, измеряющий проекции скорости ПА V_x и V_z на оси связанной системы координат, и датчик угловой ориентации, измеряющий угол курса ψ . Показания ДЛ перепроецируются на оси местной географической системы координат $\xi\eta\zeta$ (см. рисунок 1). В случае идеальной работы ССП алгоритм имеет вид (углы дифферента и крена ПА $\vartheta = \gamma = 0^\circ$):

$$V_\xi = V_x \cos(\psi) - V_z \sin(\psi),$$

$$V_\zeta = V_x \sin(\psi) + V_z \cos(\psi),$$

где V_ξ , V_ζ — проекции скорость АНПА на оси местной географической системы координат $\xi\eta\zeta$, м/с;

V_x , V_z — измеряемая ДЛ скорость АНПА в проекциях на оси связанной системы координат XYZ, м/с;

ψ — угол курса АНПА, измеряемый датчиком угловой ориентации, $^\circ$.

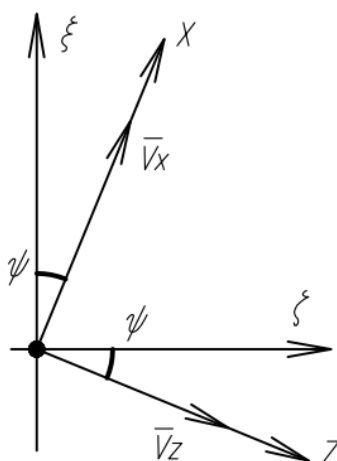


Рис. 1. Расчётная схема идеальной работы ССП

Для вычисления координат и пройденного АНПА пути полученные значения необходимо проинтегрировать. Однако наличие ошибок в показаниях используемых навигационных датчиков, а также наличие углов дифферента и крена АНПА, равно как и его маневрирование, приводят к появлению и постепенному росту ошибок в определении местоположения АНПА.

Погрешности ССП, образованной ДЛ и датчиком угловой ориентации, определяются ошибкой в оценке северной и восточной составляющих скорости V_ξ и V_ζ . Основной вклад в ошибку вносят [1]:

- погрешность измерения скорости в связанных осях V_x и V_z ;
- погрешность измерения угла курса ψ .

Данные ошибки определяются погрешностями ДЛ и датчика угловой ориентации. Кроме того, существенное влияние на точность работы ССП влияет непосредственно динамика движения АНПА, ряд факторов внешней среды, а также точность установки приборов на борту АНПА.

Оценки погрешностей сделаны при следующих условиях:

- лаговая скорость $V_z = 0$ м/с;
- АНПА следует с постоянным курсом $\psi = 0^\circ$;
- максимальная скорость АНПА $V_{\max} = 3$ м/с.

Результаты, полученные в ходе анализа влияния различных факторов на точность ССП, показывают, что к числу наиболее существенных следует отнести погрешности измерения скорости АНПА, представленные в таблице 1, и погрешности измерения скорости, представленные в таблице 2.

Таблица 1

Погрешности измерения скорости

Источник погрешности	Значение параметра	Зависит от скорости АНПА	Погрешность координаты ξ , м/ч	Погрешность координаты ζ , м/ч
масштабный коэффициент	0,5 %	да	55	0
смещение нуля	0,3 см/с	нет	10	10
погрешность монтажа	0,5 °	да	0,8	94
течение	0,5 узла; 45 °	нет	662	662

Таблица 2

Погрешности измерения угла курса

Источник погрешности	Значение параметра	Зависит от скорости АНПА	Погрешность координаты ξ , м/ч	Погрешность координаты ζ , м/ч
погрешность гирокомпасирования	0,7 ° / $\cos \varphi$	нет	1	82
скоростная погрешность гирокомпа	0,69 °	да	0,23	70
уход БИНС со временем	0,5 °/ч	нет	0,1	15
погрешность монтажа	1 °	да	2	189

Для моделирования управляемого движения АНПА в плоскости горизонта на основе изложенного выше материала была реализована программа на языке С++ в кроссплатформенной среде разработки Qt Creator. Её структурная схема представлена на рисунке 2.

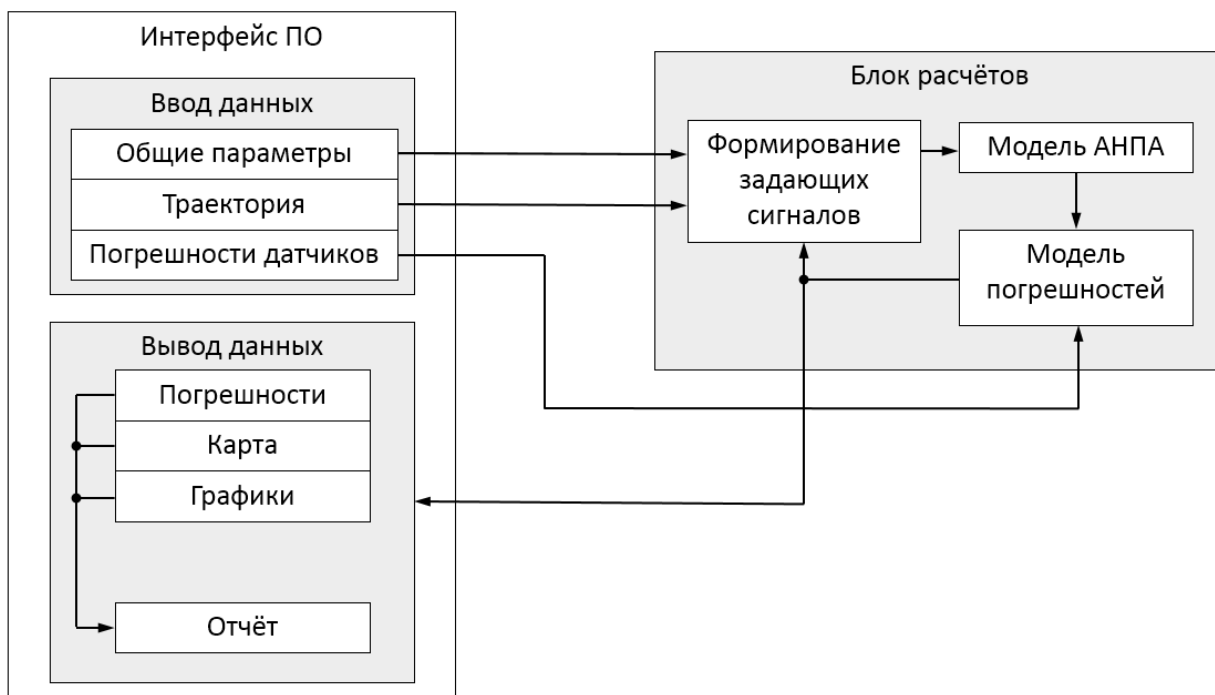


Рис. 2. Структурная схема разработанного программного обеспечения

Входными данными программы моделирования управляемого движения АНПА в плоскости горизонта являются:

- характеристики меандра: длина рабочего галса, длина промежуточного галса, ширина фигуры;
- паспортные характеристики датчиков первичной информации;
- другие погрешности ССП: погрешность монтажа ДЛ, погрешность монтажа датчика угловой ориентации;
- максимальное время работы АНПА;
- географическая широта места.

В блоке расчётов реализованы алгоритмы движения АНПА по траектории типа «меандр». Разработанная программа обладает следующими возможностями:

- моделирование движения АНПА в плоскости горизонта по траектории типа «меандр»;
- выбор способа наведения АНПА: методом погони или по линии визирования;

- расчёт движения АНПА на основе данных о погрешностях датчиков первичной информации, входящих в состав ССП АНПА, и численное представление ошибок определения координат;
- вывод результатов моделирования в виде траектории АНПА, наложенной на карту;
- вывод графиков различных физических величин по выбору пользователя;
- автоматическая генерация отчёта в формате .pdf, содержащего исходные данные и результаты, включая карту и графики;
- использование горячих клавиш.

Внешний вид интерфейса программы представлен на рисунках 3 и 4.

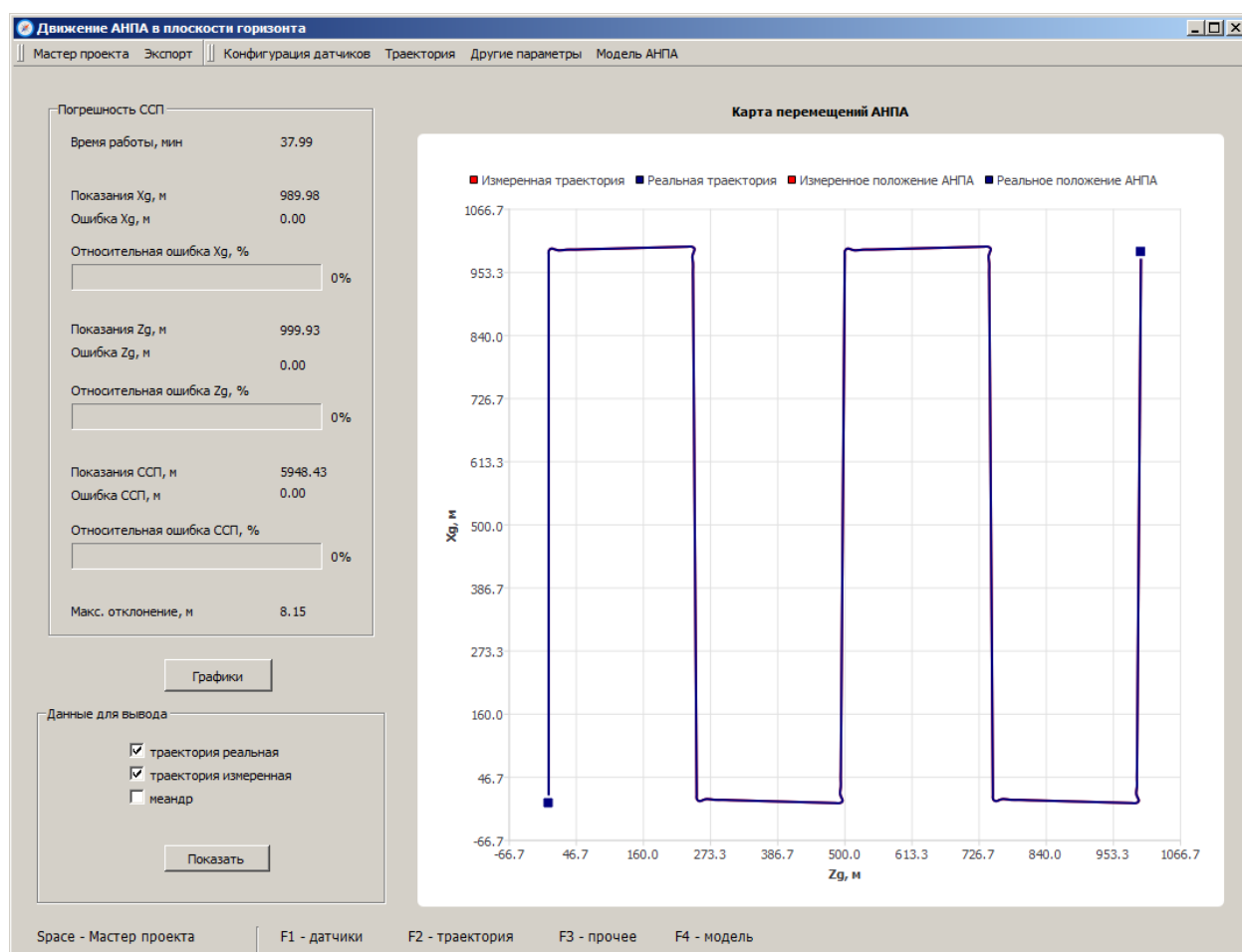


Рис. 3. Внешний вид интерфейса разработанной программы: вывод карты с траекторией АНПА

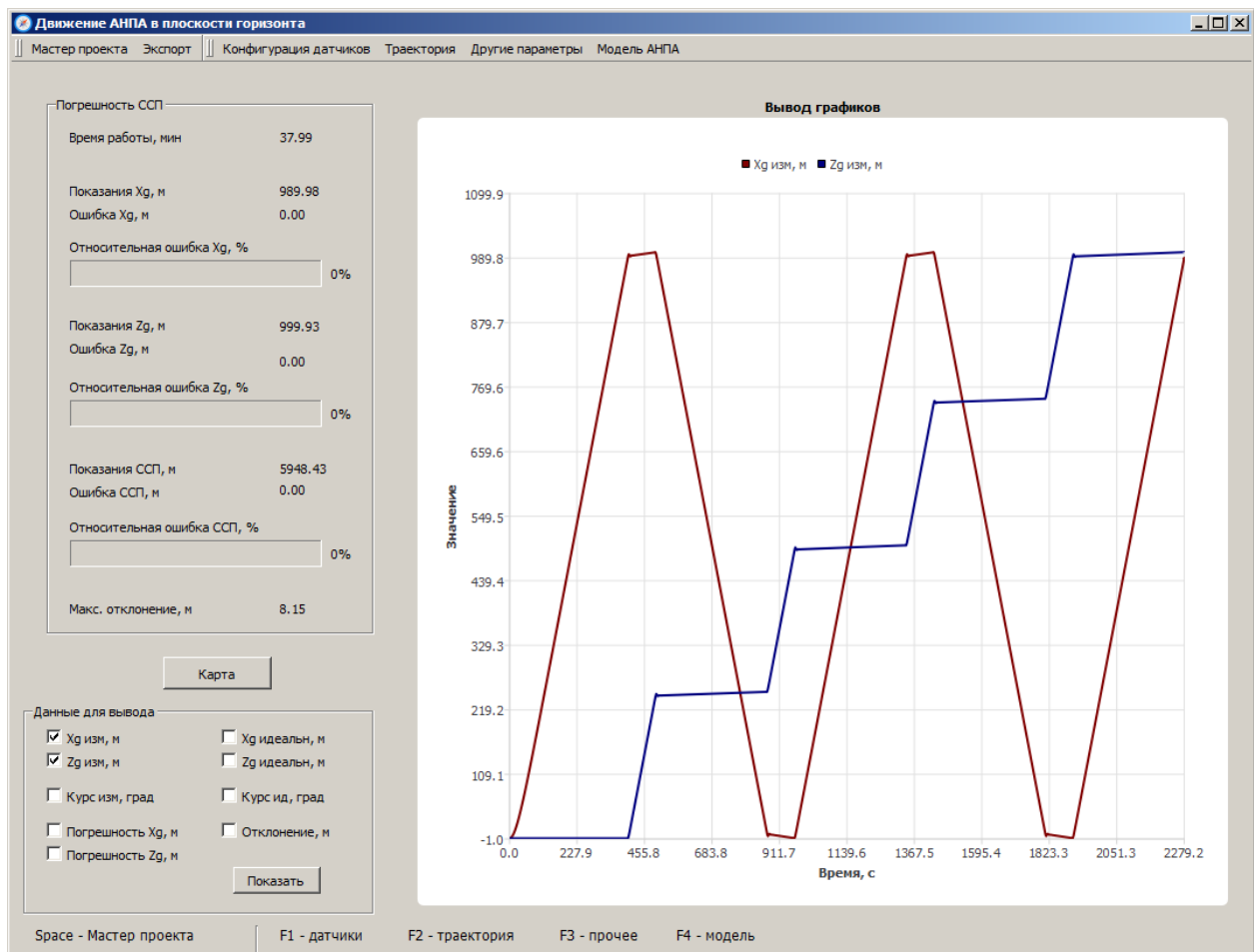


Рис. 4. Внешний вид интерфейса разработанной программы: графическое представление изменения координат АНПА

Заключение

В ходе работы был проведён анализ погрешностей датчиков первичной информации ССП и разработано программного обеспечения для оценки и расчёта погрешностей ССП.

Дальнейшее использование разработанного программного обеспечения возможно для анализа поведения АНПА при различных способах настройки ССП.

Список литературы

- [1]. Jalving B., Gade K., Svartveit K. DVL Velocity Aiding in the HUGIN 1000 Integrated Inertial Navigation System. // Modeling, Identification and Control. 2004. Vol. 25. № 4. P. 223-235. DOI:10.4173/mic.2004.4.2
- [2]. Виноградов К.А., Кошкарев В.Н., Осюхин Б.А., Хребтов А.А. Абсолютные и относительные лаги: Справочник. Л.: Судостроение. 1990. 264 с.
- [3]. Жирабок А.Н., Зуев А.В., Проценко А.А., Филаретов В.Ф., Туфанов И.Е., Щербатюк А.Ф. Построение и экспериментальные исследования системы счисления

пути малогабаритного автономного необитаемого подводного аппарата с аккомодацией к ошибкам в показаниях датчиков // Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: Изд-во «Дальнаука» ДВО РАН. 2015. С. 464–469.

[4]. Шилдт Г. С++: базовый курс. 3-е изд. М.: ООО «И.Д. Вильямс». 2015. 624 с.