

УДК 629.542

С. М. КУЧЕРУК

Киевская государственная академия водного транспорта, Украина

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВОГО СУДНА

В статье показаны особенности экспериментальных исследований возможности повышения безопасности движения грузового судна. Определен состав базового экспериментального комплекса, а также особенности режимов функционирования этого комплекса. Проведена проверка работоспособности предложенного метода повышения безопасности движения грузового судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников. Данный метод может быть применен для повышения эффективности эксплуатации наземных средств получения навигационной информации от космических аппаратов.

Ключевые слова: методика, навигационная информация, безопасность движения судна.

Введение

Целью проводимых экспериментов являлось практическое подтверждение теоретических исследований, проведенных в работах [1 - 3]. Для достижения поставленной цели и проверки практических рекомендаций, были проведены экспериментальные исследования, состоящие из трех этапов. Прежде всего, на первом этапе, определялся состав базового экспериментального комплекса, а также особенности режимов функционирования этого комплекса. На втором этапе экспериментальных исследований проходила проверка работоспособности предложенных следующих методов: метода и алгоритма оценки потерь, вносимых облачностью, осадками и туманом в процесс эксплуатации судов при грузовых перевозках и метода повышения безопасности движения грузового судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников. Данный метод может быть применен для повышения эффективности эксплуатации наземных средств получения навигационной информации от космических аппаратов. В программу завершающего этапа эксперимента, вошла оценка эффективности разработанной методики.

Изложение основного материала

В связи с вышеизложенным, программа эксперимента должна включать в себя следующие пунк-

ты: исследуемый объект, экспериментатор, условия эксперимента (конкретные условия времени и места, технические средства экспериментирования).

В свою очередь эксперимент классифицируется: по условиям проведения – естественная и искусственная, по целям исследования – преобразующие, контролирующие, констатирующие и т.д., по количеству факторов – однофакторные и многофакторные, по степени контролируемых факторов – активные и пассивные.

Рассмотрим более подробно некоторые виды экспериментов. Эксперимент, проведенный в естественных условиях, предполагает изучение объекта в реальных условиях. Такой эксперимент часто используется в технических науках для испытания изготовленных объектов, в этом случае он называется натурным. Главная задача естественных экспериментов – обеспечить максимальную натуральность окружающей обстановки. Структурная схема алгоритма комплексной обработки навигационных параметров приведена на рис. 1.

Данная схема показывает наличие двух источников получения навигационных параметров в отсутствии навигационных данных от глобальных навигационных систем: от радионавигационных систем «Лоран-С» и от автономной судовой системы (СС).

Поскольку результаты определения местоположения судна $Z_1 \pm \Delta Z_1$ и $Z_2 \pm \Delta Z_2$ являются неравноточными (так как определяются аппаратурой разного класса точности, разными методами и т.д.),

то при их объединении за результат принимают «взвешенное» среднее

$$\bar{Z} = \frac{Z_1 W_1 + Z_2 W_2}{W_1 + W_2}; \quad \Delta \bar{Z} = \frac{1}{\sqrt{W_1 + W_2}},$$

где $W_1 = \frac{1}{(\Delta Z_1)^2}; W_2 = \frac{1}{(\Delta Z_2)^2}$.

Исходные данные для комплексного определения местоположения судна приведены в табл. 1.

Каждый из параметров измерялся 10 раз и за результат принимались средние значения географических координат (соответственно, широты и долготы).

Определение угловых расстояний между точным местоположением судна и местоположением судна, полученным с помощью радионавигационных станций «Лоран-С» (Z_1) и автономной судовой системой (Z_2) проводилось по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} \sigma_{Z_1} &= \\ &= \sqrt{\left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_0} \sigma_{\varphi_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_1} \sigma_{\varphi_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_0} \lambda_{\varphi_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_1} \sigma_{\lambda_1}\right)^2} \approx \\ &\approx \sqrt{\left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_1} \sigma_{\varphi_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_1} \lambda_{\varphi_1}\right)^2}. \end{aligned}$$

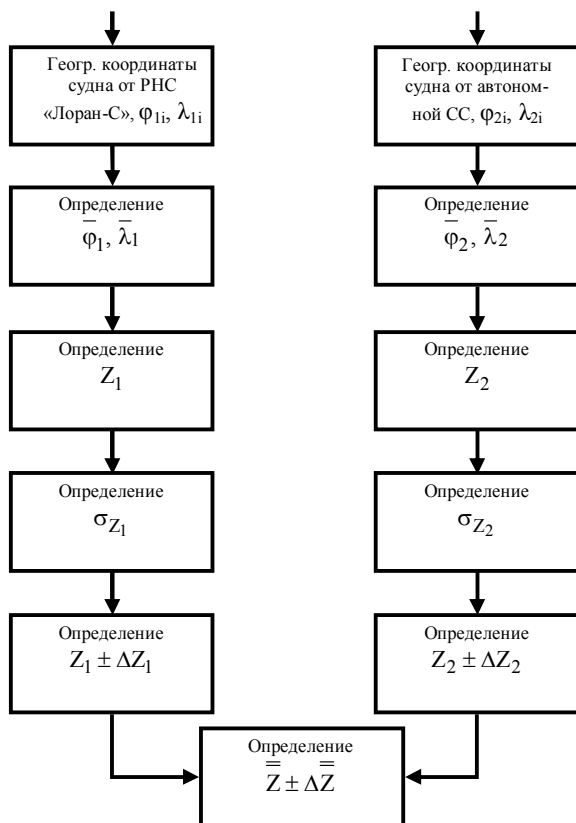


Рис. 1. Структурная схема алгоритма комплексной обработки навигационных параметров

В данном случае $\sigma_{\varphi_1}, \sigma_{\lambda_1}$ - среднеквадратическое отклонение результатов измерений величин φ_1 и λ_1 (по результатам обработки 10 отдельных измерений этих величин).

Тогда для доверительного интервала получаем

$$\Delta Z_1 = \sigma_{Z_1} \cdot t_s(P, n),$$

где $t_s(P, n)$ – поправочный коэффициент Стьюдента, равный для нашего эксперимента 2,28 (см. табл. 2).

Таблица 1

Экспериментальные данные определения местоположения судна

Точные координаты (в градусах)	Координаты, полученные от РНС «Лоран-С»		Координаты, полученные от судовой измерительной системы	
	φ_1	λ_1	φ_2	λ_2
$\varphi_0 = 41,482$ $\lambda_0 = 2,233$	41,482	2,231	41,479	2,231
	41,482	2,230	41,479	2,233
	41,479	2,231	41,481	2,231
	41,480	2,231	41,480	2,231
	41,480	2,229	41,479	2,233
	41,479	2,232	41,478	2,231
	41,480	2,230	41,478	2,232
	41,478	2,231	41,479	2,232
	41,479	2,233	41,478	2,233
	41,481	2,232	41,479	2,233
$\bar{\varphi}_1 = 41,480$	$\bar{\lambda}_1 = 2,231$	$\bar{\varphi}_2 = 41,479$	$\bar{\lambda}_2 = 2,231$	

Таблица 2

Значения коэффициента Стьюдента в зависимости от количества измерений

П	$t_s(P = 0,9)$	$t_s(P = 0,95)$	$t_s(P = 0,99)$
10	1,890	2,28	3,169
20	1,721	2,086	2,845
30	1,697	2,042	2,750
40	1,684	2,021	2,704
50	1,671	2,000	2,660

Аналогично для

$$\begin{aligned} \sigma_{Z_2} &\approx \sqrt{\left(\frac{\partial Z_2}{\partial \varphi_2} \sigma_{\varphi_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_2}{\partial \lambda_2} \lambda_{\varphi_2}\right)^2}; \\ \Delta Z_2 &= \sigma_{Z_2} \cdot t_s(P, n). \end{aligned}$$

В результате получаем относительные погрешности для Z_1, Z_2, \bar{Z}

$$Z_1 = (96 \pm 11) \text{ м}; \delta_1 = \pm \frac{11}{96} \cdot 100\% \approx \pm 11,5\%;$$

$$Z_2 = (111 \pm 17) \text{ м}; \delta_2 = \pm \frac{17}{111} \cdot 100\% \approx \pm 15,3\%;$$

$$\bar{Z} = (101 \pm 9) \text{ м}; \delta_3 = \pm \frac{9}{101} \cdot 100\% \approx \pm 8,9\%.$$

Таким образом, уменьшение относительной погрешности измерения местоположения судна за счет комплексной обработки информации от радионавигационной станции «Лоран-С» и судовой измерительной системы по сравнению с относительными погрешностями судна, полученными только с помощью радионавигационной станции «Лоран-С» и только с помощью судовой измерительной системы составляют от 29% до 72%.

Геометрическая интерпретация полученного выигрыша в точности измерения навигационных параметров за счет комплексной обработки представлена на рис. 2.

Заключение

Из рисунка 2 становится понятным, что доверительный интервал «взвешенного» результата \bar{Z} (отрезок EF) меньше доверительных интервалов результатов Z_1 (отрезок AB) и Z_2 (отрезок CD), следовательно, имеет место повышение точности измерений с помощью усовершенствованного метода повышения безопасности движения грузового судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников.

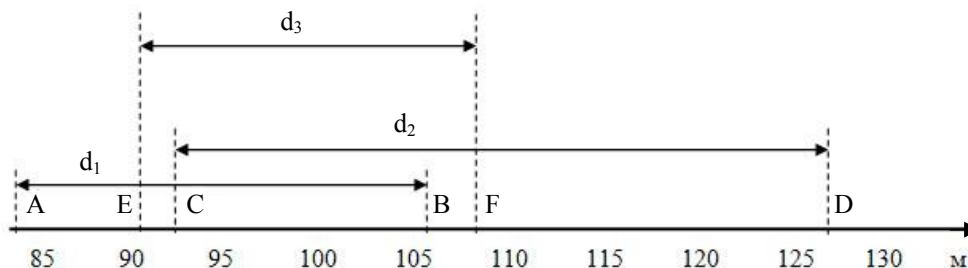


Рис. 2. Геометрическая интерпретация полученного выигрыша в точности:
 d_1 (отрезок AB) – доверительный интервал для результата Z_1 (от 85 до 107 м);
 d_2 (отрезок CD) – доверительный интервал для результата Z_2 (от 94 до 128 м);
 d_3 (отрезок EF) – доверительный интервал для результата \bar{Z} (от 92 до 110 м)

Комплексная обработка навигационной информации, получаемой из разных источников также может быть использована для повышения эффективности эксплуатации наземных средств получения навигационной информации от космических аппаратов.

Литература

1. Кривенко, Н. В. Разработка метода адаптивного оптимального управления в системах с распределенными параметрами [Текст] / Н. В. Кривенко, С. М. Кучерук // Системи озброєння і військова техніка / Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2013. – Вип. 2 (34). – С. 107–110.
2. Кривенко, Н. В. Анализ динамической надежности инвариантной системы управления [Текст] / Н. В. Кривенко, С. М. Кучерук // Дев'ята наукова конференція Харківського університету Повітряних сил імені Івана Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору»: тези доповідей, 17–18 квітня 2013 року / Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2013. – С. 243.
3. Кучерук, С. М. Особливості аналітичного забезпечення експлуатації суден у сучасних умовах [Текст] / С. М. Кучерук // Водний транспорт. / Київська державна академія водного транспорту. – 2013. – Вип. 3 (18). – С. 205–210.

Поступила в редакцію 10.02.2014, рассмотрена на редколлегии 12.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доцент, зав. кафедри ВМС Д. П. Пашков, Национальный университет обороны, Киев.

МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТОДА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ВАНТАЖНОГО СУДНА

С. М. Кучерук

У статті наведено особливості експериментальних досліджень, можливості підвищення безпеки руху вантажного судна. Визначено склад базового експериментального комплексу, а також особливості режимів функціонування цього комплексу. Проведено перевірку працездатності запропонованого методу підвищення безпеки руху вантажного судна за рахунок використання комплексної обробки навігаційної інформації, одержуваної з різних джерел. Даний метод може бути застосовано для підвищення ефективності експлуатації наземних засобів отримання навігаційної інформації від космічних апаратів.

Ключові слова: методика, навігаційні дані, безпека руху судна.

INSPECTION PROCEDURE EFFECTIVE FUNCTIONING SECURITY ENHANCEMENT TECHNIQUES CARGO TRAFFIC

S. M. Kucheruk

The article shows the features of the experimental research opportunities to improve traffic safety of the cargo ship. The composition of the base of the experimental facility, as well as singularity modes of operation of the complex. Conducted performance testing proposed adjoint method of increasing the safety of the cargo ship through the use of complex processing of navigational information received from different sources. This method can be applied to improve operation efficiency of terrestrial navigation means receive data from the spacecraft.

Key words: methods, navigation information, traffic safety vessel, the design procedure.

Кучерук Сергей Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедри, Киевская государственная академия водного транспорта им. Петра Конашевича-Сагайдачного, Украина, e-mail: bog2603@mail.ru.