

9. Мельник В.Г. Методы обработки рядов траекторных измерений в системах прогнозирования и контроля движения судна [Текст]: автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. (05.22.19) – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2016. – 24 с.
10. Мельник В.Г. Оценка коэффициента экспоненциального сглаживания навигационных данных по результатам измерений [Текст]// Эксплуатация морского транспорта. – 2014. – № 1(73) – С. 29-32.
11. Петрушин В.Н. Формализация временного ряда методом двойного сглаживания [Электронный ресурс]/ В.Н. Петрушин, Г.О. Рытиков. – Электронный журнал CloudofScience. – 2014. – Т.1. – № 2. – С. 230-238. <http://cloudofscience.ru>
12. Современные методы идентификации систем: пер. с англ. / Под ред. П. Эйкоффа. – М.: Мир, 1983. – 402 с.
13. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния: пер. с англ. / под ред. Н.С. Райбмана [Текст]. – М.: Мир, 1975. – 680 с.
5. Kuznetsov M.P. Smoothing algorithms of forecasting [Text]/ M. P. Kuznetsov, A. A. Mafusalov, N. K. Zhivotovsky, E. Yu. Zaitsev, D. S. Sungurov/ / Machine learning and data analysis. – 2011. – Vol. 1. – No. 1. – pp. 104-112.
6. Lukashov A.V. Models and algorithms for decision support based on time series analysis [Text]/ Autoref. diss. for the degree of Candidate of Technical Sciences (05.13.01). – St. Petersburg : LETI, 2012. – 18 p.
7. Lukashin Y.P. Adaptive methods of short-term forecasting of time series: a textbook / Y.P. Lukashin. – M.: Finance and statistics, 2003 – 416 p.
8. Leung L. Identification of systems. Theory for the user: Trans. from English / Edited by Ya. Z. Tsyppin [Text]. – M.: Nauka. Gl. ed. phys. - mat. lit., 1991 – 432 p.
9. Melnik V.G. Methods of processing series of trajectory measurements in systems of forecasting and control of ship movement [Text]: Abstract. diss. candidate of Technical Sciences (05.22.19) - Novorossiysk: State Medical University named after Adm. F. F. Ushakov, 2016. – 24 p.
10. Melnik V.G. Estimation of the exponential smoothing coefficient of navigation data based on measurement results [Text]/ Operation of marine transport. – 2014. – № 1(73) – Pp. 29-32.
11. Petrushin V.N. Formalization of a time series by the method of double smoothing [Electronic resource]/ V. N. Petrushin, G. O. Rytikov. – Electronic journal Cloud of Science. – 2014. – Vol. 1. – No. 2. – pp. 230-238. <http://cloudofscience.ru>
12. Modern methods of identification of systems: Translated from English / Edited by P. Eikoff. – M.: Mir, 1983 – 402 p.
13. Eickhoff P. Fundamentals of identification of control systems. Estimation of parameters and state: Trans. from English / Edited by N. S. Raibman [Text]. – Moscow: Mir, 1975 – 680 p.

References

1. Deich A.M. Methods of identification of dynamic objects [Text]. – M.: Energiya, 1979. – 240 p.
2. Diligenskaya A.N. Identification of control objects [Text]. – Samara: Samara State Technical University, 2009. – 136 p.
3. Kerensky A.M. On the current preventive control of the process based on exponential smoothing [Text]/ Bulletin of the Samara State Aerospace University. – 2009. – № 3(19) – Pp. 227-230.
4. Kuznetsov A.A. On the question of the choice of constants in the methods of exponential smoothing in the analysis of time series [Text]/ A. A. Kuznetsov, A.V. Zhurov. – Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev. – 2007. – No. 3. – pp. 76-76.

УДК 656.61: 621.37

DOI: 10.34046/aumsuomt100/9

ОБРАБОТКА И ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ ТЕЛЕМЕТРИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БЕЗЭКИПАЖНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ

Н.П. Ардельянов, аспирант

В статье предложена обобщенная модель радиоканала передачи данных. Применяется модель Пуртова, использующая характеристики потока ошибок с пакетированием. Проверка правильности кодовой комбинации метрики проведена в двоичной форме.

В результате предложен метод оценивания случайной последовательности двоичных чисел, описывающих некоторый реальный сигнал телеметрии с условиями наложения помех с метрикой вейвлетов Добеши.

Предложенный способ передачи данных является альтернативой широкополосному интернету, позволяет передавать информацию о движении морских подвижных объектов и производить запись навигационной информации в виде бинарного набора множеств с учетом условий распространения канала передачи данных.

Ключевые слова: безэкипажное судовождение, навигационная информация, E-навигация, телеметрическая система, системы управления движения судов, интегрированные системы ходового мостика, канал передачи данных, фильтрация, поток ошибок.

DIGITAL TELEMETRY DATA PROCESSING AND CALCULATION IN SOLVING PROBLEMS OF UNMANNED NAVIGATION

N. Ardelyanov

The article "Digital telemetry data processing and calculation" proposes a generalized model of a radio data channel. A Purto model is used that uses the characteristics of a packetized error stream. Validation of the metric code combination is done in binary form.

As a result, a method is proposed for estimating a random sequence of binary numbers describing some real telemetry signal, with interference conditions with the Dobeş metric.

The disclosed data transmission method is an alternative to the broadband Internet, enables to transmit information on the movement of marine mobile objects and record navigation information in the form of a binary set of sets taking into account the propagation conditions of the data transmission channel.

Keywords: unmanned navigation, navigational data, telemetering system, E-navigation, vessel traffic services, integrated bridge systems, data transmission channel, filtration, error stream.

В настоящее время индустрия морского судоходства находится на пороге радикальных изменений. Вектор развития отрасли направлен на внедрение автономных систем. Речь идет о технологии, способной превзойти возможности человека – безэкипажном судождении (одном из ключевых компонентов E-навигации) [18]. Важнейшим достоинством судов без экипажей, несомненно, является их безопасность, так как при автономном судоходе практически исключается влияние ключевой причины всех современных навигационных происшествий – человеческого фактора [19]. В то же время, для достижения требуемого уровня безопасности судов данного типа необходимо проделать огромный объем работы по разработке и внедрению максимально надежных и точных информационных и навигационных систем. Кроме того, для реализации проектов, касающихся безэкипажного судождения, особое внимание требуется уделить системам дистанционного и автономного управления.

Под дистанционно управляемым (автономным) судном понимается морской подвижный объект, оснащенный датчиками, автоматизированной навигацией, двигательными и вспомогательными системами, с логикой принятия решения для следования планам миссии без вмешательства человека [15]. Управление, контроль и мониторинг за объектами данного типа планируется осуществлять с помощью систем управления движения судов (далее – СУДС) (или диспетчерскими центрами), операторы которых должны иметь возможность доступа ко всему спектру данных различных бортовых систем и интегрированных систем ходового мостика (далее – ИСХМ). Извлекая и обмениваясь данными из ИСХМ, а также различных вспомогательных судовых систем, операторы СУДС получают возможность контроля над процессами, происходящими на борту безэкипажного судна.

Реализацию такого рода проектов невозможно представить без использования дистанционных систем мониторинга, сигнализации и

управления. Это подразумевает обмен огромных объемов информации между СУДС и объектом. Одним из решений является применение телеметрических систем, которые позволят обеспечить обмен, обработку и преобразование необходимой информации с целью дистанционного контроля состояния и функционирования морского подвижного объекта. К тому же, системы телеметрии предназначены для решения следующих ключевых задач: оперативный централизованный контроль процессов и управление данными процессами [16]. Однако не всегда существует возможность связать объект и центр контроля надежным каналом связи.

В связи с этим актуальной задачей становится создание надежного цифрового радиоканала передачи данных. Любая система измерения телеметрических данных независимо от их природы, представленных в цифровом (дискретном) формате, требует фильтрации и оценки (вычисление значения). Фильтрация состоит в применении процедуры сравнения в метрике (базисе) с заранее вычисленной системой чисел, конечная сумма которых в базисе и будет числовой характеристикой множества, описывающего меру измеряемого процесса. Считается, что в любом потоке данных присутствуют как значения отсчетов телеметрии, так и поток ошибок, вызванный шумами, всплесками искажений и другими факторами. Причины данных явлений – коммутационные помехи, быстрые замирания радиосигнала и многие другие [9].

В связи с этим вводится понятие пакета ошибок [11]. Известно, что для обнаружения пакетов ошибок, а также их исправления разработано достаточное количество способов [3]. В данном случае применяется модель Пуртова, использующая характеристики потока ошибок с пакетированием [12]. Соответственно, есть шаблон, который был определен на основании свойств канала передачи данных [6]. Описать математически какой-либо реальный канал передачи инфор-

мации довольно сложно [10]. Статистический характер обнаружения сигналов определяется значениями плотностей распределения помехи и смеси сигнала и помехи. Возможность возникновения различных ситуаций при обнаружении сигнала характеризуется вероятностями правильных и ошибочных решений [20]. По ним будут определены коэффициенты по модели Пуртова r (величина высшей степени образующего полинома).

В процессе диагностирования потоков ошибок в канале передачи данных установлена вероятность появления данных ошибок для определенной кратности t в n разрядной кодовой комбинации [7]:

$$P(\geq t, n) = (n/t)^{1-\alpha} P_{\text{ош}} \quad (1)$$

где α – коэффициент группирования ошибок в дискретном канале.

Установлено, что в канале без памяти (без группирования) $\alpha = 0$. Однако при значении $\alpha = 1$ ошибки объединяются в одном пакете.

Для обнаружения числа ошибок определенной кратности t следует использовать циклический код с кодовым расстоянием d_0 равным не менее $d_0 \geq t + 1$. В таком случае формула (1) примет следующий вид:

$$P(\geq t, n) = \left(\frac{n}{d_0 - 1}\right)^{1-\alpha} P_{\text{ош}} \quad (2)$$

С вероятностью необнаруженной ошибки $P_{\text{но}}$ и числом проверочных разрядов в исходной

кодовой комбинации с определенным приближением можно связать вероятность появления ошибок кратности t [$P(\geq t, n)$]:

$$P_{\text{но}} = \frac{1}{2^r} P(\geq t, n) \quad (3)$$

Подставив в формулу (3) значение вероятности появления ошибок $P(\geq t, n)$ и, выполнив соответствующие преобразования, следует установить коэффициент r (величину высшей степени образующего полинома):

$$r = (1 - \alpha) \log_2 \frac{n}{d_0 - 1} + \log_2 P_{\text{ош}} - \log_2 P_{\text{но}} \quad (4)$$

Преобразуя формулу (4) с использованием десятичного логарифма, в итоге получается следующее выражение:

$$r = 3,32[(1 - \alpha) \lg \frac{n}{d_0 - 1} + \lg P_{\text{ош}} - \lg P_{\text{но}}] \quad (5)$$

Учитывая, что в формуле (5) значение n представляет собой сумму $n = k + r$, то необходимое значение r возможно определить с помощью подбора. Вместе с тем, подобранная величина r должна удовлетворять следующему неравенству:

$$r \geq 3,32[(1 - \alpha) \lg \frac{k + r}{d_0 - 1} + \lg P_{\text{ош}} - \lg P_{\text{но}}] \quad (6)$$

Рекомендуется подбор данной величины r начинать от 3 и одновременно увеличивать на единицу до удовлетворения неравенства (6). Зная коэффициент r , т.е. величину высшей степени образующего полинома, необходимо выбрать соответствующий полином (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость высшей степени образующего полинома от его вида

Степень образующего полинома	Вид полинома	Степень образующего полинома	Вид полинома
0	0	9	$x^9+x^4+x^2+x+1$ $x^9+x^5+x^3+x^2+1$ $x^9+x^6+x^3+x+1$
1	$x+1$	10	$x^{10}+x^3+1$ $x^{10}+x^4+x^3+x+1$ $x^{10}+x^8+x^3+x^2+1$
2	x^2+x+1	11	$x^{11}+x^2+1$ $x^{11}+x^7+x^3+x^2+1$ $x^{11}+x^8+x^5+x^2+1$
3	x^3+x+1 x^3+x^2+1	12	$x^{12}+x^6+x^4+x+1$ $x^{12}+x^9+x^3+x^2+1$ $x^{12}+x^{11}+x^6+x^4+x^2+x+1$
4	x^4+x+1 x^4+x^3+1 $x^4+x^3+x^2+x+1$	13	$x^{13}+x^4+x^3+1$ $x^{13}+x^{10}+x^9+x+1$ $x^{13}+x^{12}+x^{11}+x^2+1$
5	x^5+x^3+1 $x^5+x^3+x^2+1$ $x^5+x^4+x^2+x+1$ $x^5+x^4+x^3+x^2+1$	14	$x^{14}+x^{13}+x^{11}+x^9+1$ $x^{14}+x^{12}+x^{10}+x^4+x^2+x+1$ $x^{14}+x^{12}+x^2+x+1$
7	x^7+x^3+1 $x^7+x^4+x^3+1$ $x^7+x^3+x^2+x+1$	15	$x^{15}+x^{12}+x^3+x+1$ $x^{15}+x^{13}+x^5+x+1$ $x^{15}+x^{14}+x^{13}+x^{10}+x^2+x+1$
8	$x^8+x^4+x^3+x+1$ $x^8+x^5+x^4+x^3+1$ $x^8+x^7+x^5+x+1$	16	$x^{16}+x^{15}+x^7+x^2+1$ $x^{16}+x^{14}+x^{12}+x^3+x^2+x+1$ $x^{16}+x^{12}+x^5+x+1$

В качестве примера следует произвести расчет количества проверочных символов, а также выбрать образующий полином, исходя из следующих данных:

- вероятность ошибки в канале измерения $P_{\text{ош}} = 3 \cdot 10^{-5}$;
- вероятность необнаруженной ошибки декодером $P_{\text{но}} = 1,5 \cdot 10^{-6}$;
- минимальное кодовое расстояние $d=3$;
- коэффициент группирования ошибок в дискретном канале $\alpha = 0,6$.

Для решения примера необходимо в формулу (6) подставить установленные выше исходные данные, а также значение коэффициента r , начиная с 3:

при $r = 3$ неравенство (6) не выполняется:

$$3 \geq 3,32[(1-0.6)\lg \frac{24+3}{3-1} + \lg 3 \cdot 10^{-5} - \lg 1.5 \cdot 10^{-6}] = 6.0051;$$

при $r = 4$ неравенство (6) не выполняется:

$$4 \geq 3,32[(1-0.6)\lg \frac{24+4}{3-1} + \lg 3 \cdot 10^{-5} - \lg 1.5 \cdot 10^{-6}] = 6.0055;$$

при $r = 5$ неравенство (6) не выполняется:

$$5 \geq 3,32[(1-0.6)\lg \frac{24+5}{3-1} + \lg 3 \cdot 10^{-5} - \lg 1.5 \cdot 10^{-6}] = 6.0059;$$

при $r = 6$ неравенство (6) не выполняется:

$$6 \geq 3,32[(1-0.6)\lg \frac{24+6}{3-1} + \lg 3 \cdot 10^{-5} - \lg 1.5 \cdot 10^{-6}] = 6.0062;$$

при $r = 7$ неравенство (6) выполняется:

$$7 \geq 3,32[(1-0.6)\lg \frac{24+7}{3-1} + \lg 3 \cdot 10^{-5} - \lg 1.5 \cdot 10^{-6}] = 6.0069$$

Поэтому, значение $r = 7$.

Для того чтобы выбрать из таблицы 1 образующий полином следует применить любой полином из трех приведенных для установленного количества проверочных символов, равного 7. В качестве примера выбран второй полином: $x^7 + x^4 + x^3 + 1$.

Вейвлет (всплеск-функция) строится с использованием рекурсивной формулы на каждом следующем шаге:

$$\psi(x) = \frac{1+\sqrt{3}}{4} \varphi(2x-1) + \frac{3+\sqrt{3}}{4} \varphi(2x) - \frac{3-\sqrt{3}}{4} \varphi(2x+1) + \frac{1-\sqrt{3}}{4} \varphi(2x+2) \quad (8)$$

Построение всей метрической системы выполняется по условию компактности носителя, где к имеющимся 4 точкам добавятся значения $x = \{0.5; 1.5; 2.5\}$ (всего семь точек):

$$\begin{aligned} \varphi(1/2) &= h_0 \varphi\left(\frac{2}{2}\right) + h_1 \varphi\left(\frac{2}{2}-1\right) + h_2 \varphi\left(\frac{2}{2}-2\right) + h_3 \varphi\left(\frac{2}{2}-3\right) = \frac{1+\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1+\sqrt{3}}{4} + h_1 \cdot 0 + h_2 \cdot 0 + h_3 \cdot 0 = \frac{2+\sqrt{3}}{4}; \\ \varphi(3/2) &= h_0 \varphi\left(\frac{6}{2}\right) + h_1 \varphi\left(\frac{6}{2}-1\right) + h_2 \varphi\left(\frac{6}{2}-2\right) + h_3 \varphi\left(\frac{6}{2}-3\right) = h_0 \cdot 0 + \frac{1+\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1-\sqrt{3}}{2} + \frac{1-\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1+\sqrt{3}}{2} + h_3 \cdot 0 = 0; \\ \varphi(5/2) &= h_0 \varphi(5) + h_1 \varphi(5-1) + h_2 \varphi(5-2) + h_3 \varphi(5-3) = h_0 \cdot 0 + h_1 \cdot 0 + h_2 \cdot 0 + \frac{1-\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1-\sqrt{3}}{2} = \frac{2-\sqrt{3}}{2}. \end{aligned} \quad (9)$$

На следующем, втором шаге требуется вычислить ещё 6 значений:

$$\begin{aligned} x &= \left\{ \frac{1}{4}; \frac{3}{4}; \frac{5}{4}; \frac{7}{4}; \frac{9}{4}; \frac{11}{4} \right\}; \\ &\left\{ \frac{5+3\sqrt{3}}{16}; \frac{9+5\sqrt{3}}{16}; \frac{1+\sqrt{3}}{8}; \frac{1-\sqrt{3}}{8}; \frac{9-5\sqrt{3}}{8}; \frac{5-3\sqrt{3}}{16} \right\}. \end{aligned}$$

Традиционно умножение на одночлен x^r , а также остатка от деления полученной последовательности на образующий полином предусматривается процедурой сложения по модулю «2» [1]:

$$F(x) = x^r G(x) \oplus R(x) \quad (7)$$

где $F(x)$ – кодовая комбинация циклического кода;

$G(x)$ – информационная последовательность в полиномиальной форме;

$$R(x) = \frac{x^r G(x)}{P(x)} - \text{остаток от деления на образующий полином.}$$

Для того чтобы перевести двоичную последовательность в полиномиальную форму необходимо каждый бит («0» или «1») умножить на значение x в определенной степени, которая будет соответствовать месторасположению этого самого бита.

Формирование полинома следует выполнить на базе метрики образованной системой ортогонального базиса Добеши [2]. При построении базиса Ингрид Добеши использована локализация функции φ на отрезке $[0; 3]$ (функция шкалы). Эта функция не выражается через систему полиномов, тригонометрических и любых элементарных функций. Построение метрики на отрезке требуется выполнить с использованием вейвлет функции ψ . Следует отметить, что спектр применения вейвлетов достаточно широк: от использования в решении задач по распознаванию образов и анализе изображений различной природы до реализации скрытия и упаковки больших объемов данных [17].

Начальное значение φ :

$$\varphi(0) = 0, \varphi(1) = \frac{1+\sqrt{3}}{2}, \varphi(2) = \frac{1-\sqrt{3}}{2}, \varphi(3) = 0$$

или

$$0 + \frac{1+\sqrt{3}}{2} + \frac{1-\sqrt{3}}{2} + 0 = 1.$$

На третьем шаге к существующим 13 добавятся 12 промежуточных, посередине к тем точкам последовательности, которые вычислены. Следующие вычисления дадут 24, затем 48 и 96 отсчетов последовательности.

После произведения n итераций будет получено следующее значение точек множества «шкалы»:

$$\varphi(x) = 4 + 3(2^{n+1} - 1) \tag{10}$$

После чего полученные значения шкалы требуется перевести в двоичный полином следующего вида:

$$G(x) = x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 \tag{11}$$

Необходимо $G(x)$ умножить на одночлен x^7 . Так как количество проверочных разрядов, рассчитанное в примере равно семи, то умножение необходимо производить на x^7 :

$$G(x) x^7 = x^{30} + x^{29} + x^{23} + x^{22} + x^{20} + x^{19} + x^{18} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 \tag{12}$$

В результате входной обработки полученная цифровая величина будет представлена тремя байтами двоичных чисел (таблица 2):

Таблица 2 – Величина высшей степени образующего полинома

Входная последовательность $G(x)$																								
1								2								3								
1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
x^{23}	x^{22}	x^{21}	x^{20}	x^{19}	x^{18}	x^{17}	x^{16}	x^{15}	x^{14}	x^{13}	x^{12}	x^{11}	x^{10}	x^9	x^8	x^7	x^6	x^5	x^4	x^3	x^2	x^1	x^0	

Для получения метрики кода следует разделить полученную последовательность на выбранный по модели зашумленного сигнала, вычисленного по параметрам задачи в таблице, образующий полином. Процесс деления полученной последовательности следует рассматривать как двоичную операцию суммирования по модулю «2» [13]. В итоге комбинация кода телеметрии примет следующий вид:

$$F(x) = x^{30} + x^{29} + x^{23} + x^{22} + x^{20} + x^{19} + x^{18} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x. \tag{13}$$

После перевода выражения (13) в двоичный вид комбинация кода телеметрии примет следующий вид:

$$110000110111000101111110110110 \tag{14}$$

Проверку правильности кодовой комбинации метрики требуется проводить в двоичной форме. Для этого необходимо последовательность $F(x)$ в двоичной форме сложить по модулю «2» с образующим полиномом $P(x)$, также взятым в двоичной форме ($P(x) \rightarrow 10011001$). В случае правильности построения выражение должно равняться нулю.

В результате описанного подхода, предложен метод оценивания случайной последовательности двоичных чисел, описывающих некоторый реальный сигнал телеметрии, с условиями наложения помех с метрикой вейвлетов Добеши 4-го порядка [14].

Предельная сумма образующего полинома, вычисленного по результатам задачи соответствует мощности множества (среднеквадратическому значению) измеряемой цифровой системой величины.

Описанный способ передачи данных является альтернативой широкополосному интернету, несмотря на все его преимущества [4, 5]. Однако вместе с тем, учитывая влияние описанных ошибок, а также отсутствие надежной связи, передача навигационной информации с помощью интернета не всегда надежна. Предлагаемый способ (применение систем телеметрии и телемеханики)

подходит для решения проблем отсутствия надежной связи при передаче навигационной информации [8]. Таким образом, информацию о движении судна и запись навигационной информации представляется возможным передавать в виде бинарного набора множеств при учете условий распространения канала.

Литература:

1. Петров Г.А. Практика использования вейвлет анализа в дефектоскопии: учебное пособие / Г.А. Петров, Е.В. Шуранов – СПб.: Балтийский Государственный технический университет, 2021. – 65 с.
2. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. пособие / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Перов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.: ил.
3. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки / пер. с англ. под ред. Р.Л. Добрушина и С.И. Самойленко. – М.: Мир, 1976. – 596 с.
4. Скварник И.С. Технологии беспроводного широкополосного доступа: оценка возможности применения для управления движением судов / И.С. Скварник, О.И. Совкова, Л.Г. Стаценко, Г.П. Турмов // Вестник Инженерной школы Дальневост. федерал. ун-та. – 2019.– № 4 (41). – 174 с.
5. Тарасов С.С. Современные технологии и системы спутникового доступа в сеть Интернет // Т-сomm. Телекоммуникации и транспорт – 2013.– № 10. – 126 с.
6. Арсеньев М.В. Оценка характеристик потока ошибок в каналах управления информационных

- систем и электротехнических комплексов по параметрам модели / М.В. Арсеньев, Д.О. Шелухин // Электротехнические и информационные комплексы и системы – 2006. – № 1, т. 2. – 82 с.
7. Мальцев Г.Н. Обобщенная модель дискретного канала передачи информации с группированием ошибок / Г.Н. Мальцев, В.В. Джумков // Информационно-управляющие системы – 2013. – № 1 (62). – 104 с.
 8. Джураев Р.Х. Использование обобщенных параметров группирующихся стираний и ошибок для адаптивного выбора длины блока в системах передачи данных / Р.Х. Джураев, Б.М. Умирзаков, С.Р. Ботиров // Международный научный журнал «Молодой ученый» – 2019. – № 28 (266). – 90 с.
 9. Шелухин О.И. Алгоритм оценки вероятности пакетирования ошибок в каналах связи систем беспроводного доступа с подвижными объектами / О.И. Шелухин, А.В. Арсеньев, В.Ю. Фоминский // Научный журнал «Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса» – 2009. – № 1 – 101 с.
 10. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
 11. Когновицкий О.С. Практика помехоустойчивого кодирования: учебное пособие в 2 ч. Ч. 1. Системы с обнаружением ошибок и обратной связью / О.С. Когновицкий, В.М. Охорзин, С.С. Владимиров. – СПб.: СПбГУТ, 2018. – 100 с.
 12. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: 2-е изд. / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
 13. Гапков С. Б. Сложение однобитных чисел. Треугольник Паскаля, салфетка Серпинского и теорема Куммера. – М.: МЦНМО, 2014. – 40 с.
 14. I. Daubechies, Ortonormal bases of compactly supported wavelets, Comm. Pure Appl. Math., 41, 1988, p. 996.
 15. John Jorgensen. Autonomous Vessels: ABS' Classification Perspective. Discussion Issues in Technology, Safety and Security for the Marine Board, 2016.
 16. Mayo-Wells. The Origins of Space Telemetry, – Technology and Culture, 1963.
 17. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. Обзоры актуальных проблем. – 1996. – том 166. – №11. – 1170 с.
 18. Фролов В.Н. Технологии безэкипажного судовождения / В.Н. Фролов, В.Ю. Севбо, П.Е. Ануфриев // Транспорт Российской Федерации – 2018. – № 4 (77). – 62 с.
 19. Дмитриев В. И. Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / В. И. Дмитриев, В. В. Каретников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2017. – Т. 9. – № 6. – С. 1149–1158.
 20. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и Связь, 1989. – 656 с.
- ### References
1. Petrov G.A. Praktika ispol'zovaniya vejvlet analiza v defektoskopii: Uchebnoe posobie. / Petrov G.A., SHuranov E.V. – SPb.: Baltijskij Gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2021. – 65 s.
 2. Solonina, A. I. Cifrovaya obrabotka signalov i MATLAB: ucheb. posobie / A. I. Solonina, D. M. Klionskij, T. V. Merkucheva, S. N. Perov. – SPb.: BHV-Peterburg, 2013. – 512 s.: il.
 3. Piterson U., Ueldon E. Kody, ispravlyayushchie oshibki / Per. s angl. pod red. R.L. Dobrushina i S.I. Samojlenko. – М.: Mir, 1976. – 596 s.
 4. Skvarnik I.S. Tekhnologii besprovodnogo shirokopolosnogo dostupa: ochenka vozmozhnosti primeneniya dlya upravleniya dvizheniem sudov / Skvarnik I.S., Sovkova O.I., Stacenko L.G., Turmov G.P. // Vestnik Inzhenemoy shkoly Dal'nevost. federal. un-ta. – 2019. № 4 (41). – 174 s.
 5. Tarasov S.S. Sovremennye tekhnologii i sistemy sputnikovogo dostupa v set' Internet // T-comm. Telekomunikacii i transport – 2013. № 10. – 126 s.
 6. Arsen'ev M.V. Ochenka harakteristik potoka oshibok v kanalah upravleniya informacionnyh sistem i elektrotekhnicheskikh kompleksov po parametram modeli / Arsen'ev M.V., SHeluhin D.O. // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy – 2006. № 1, t. 2. – 82 s.
 7. Mal'cev G.N. Obobshchennaya model' diskretnogo kanala peredachi informacii s gruppirovaniem oshibok / Mal'cev G.N., Dzhumkov V.V. // Informacionno-upravlyayushchie sistemy – 2013. № 1 (62). – 104 s.
 8. Dzhuraev R.H. Ispol'zovanie obobshchennykh parametrov gruppiruyushchihstiya stiranij i oshibok dlya adaptivnogo vybora dliny bloka v sistemah peredachi dannyh / Dzhuraev R.H., Umirzakov B.M., Botirov S.R. // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Molodoj uchenyj» – 2019. № 28 (266). – 90 s.
 9. SHeluhin O.I. Algoritm ocenki veroyatnosti paketirovaniya oshibok v kanalah svyazi sistem besprovodnogo dostupa s podvizhnymi ob"ektami / SHeluhin O.I., Arsen'ev A.V., Fominskij V.YU. // Nauchnyj zhurnal «Vestnik associacii vuzov turizma i servisa» – 2009. № 1 – 101 s.
 10. Teoriya elektricheskoy svyazi : uchebnoe posobie / Vasil'ev K.K., Glushkov V.A., Dormidontov A.V., Nesterenko A.G.; pod obshch. red. Vasil'eva K.K. – Ul'yanovsk : UIGTU, 2008. – 452 s.
 11. Kognovickij O.S. Praktika pomekhoustojchivogo kodirovaniya : v 2 ch. CH. 1. Sistemy s obnaruzheniem oshibok i obratnoj svyaz'yu. Uchebnoe posobie / Kognovickij O.S., Ohorzin

- V.M., Vladimirov S.S.; SPbGUT. – SPb, 2018 – 100 s.
12. Sklyar B. Cifrovaya svyaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primeneniye: 2-e izd. / Per. s angl.– M.: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2003. – 1104 s.
 13. Gashkov S. B. Slozhenie odnobitnykh chisel. Treugol'nik Paskalya, salfetka Serpinskogo i teorema Kummera. – M.: MCNMO, 2014. – 40 s.
 14. I. Daubechies, Ortonormal bases of compactly supported wavelets, Comm. Pare Appl. Math., 41, 1988, p. 996.
 15. John Jorgensen. Autonomous Vessels: ABS' Classification Perspective. Discussion Issues in Technology, Safety and Security for the Marine Board, 2016.
 16. Mayo-Wells. The Origins of Space Telemetry, – Technology and Culture, 1963.
 17. Astaf'eva N.M. Vejvlet-analiz: osnovy teorii i primery primeneniya // Uspekhi fizicheskikh nauk. Obzory aktual'nykh problem. – 1996. – tom 166. – №11. – 1170 s.
 18. Frolov V.N. Tekhnologii bezekipazhnogo sudovozhdeniya / Frolov V.N., Sevbo V.YU., Anufriev I.E. // Transport Rossijskoj Federacii – 2018. № 4 (77) – 62 s.
 19. Dmitriev V. I. Metody obespecheniya bezopasnosti moreplavaniya pri vnedrenii bespilotnykh tekhnologij / V. I. Dmitriev, V. V. Karetnikov // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. – 2017. – T. 9. – № 6. – S. 1149–1158.
 20. Levin, B.R. Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Radio i Svyaz', 1989. – 656 s.

УДК 629.584

DOI: 10.34046/aumsuomt100/10

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «СУДНО-ЗАБОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ» В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

И.М. Данцевич, кандидат технических наук

М.Н. Лютикова, кандидат технических наук

В статье рассмотрены комплексный аспект технологии получения высококачественных материалов геофизических исследований шельфа. Полученные в результате глубоководной буксировки подводного геофизического заборного комплекса (ГЗК) данные (съёмка сонаром, результаты работы гидролокатора бокового обзора, различная телеметрия и т.д.) зависят от динамики оборудования и присутствия шумов в получаемых данных. Сказывается скорость, рыскание и дифферент ГЗК в продольно-вертикальной плоскости, при съёмке желательно выдерживать определённый угол атаки для получения «перспективной» проекции дна. Оценка маневренных качеств ГЗК в вертикальной плоскости необходима для определения его динамических возможностей при обходе препятствий и отслеживании изменяющегося рельефа.

Ключевые слова: геофизический заборный комплекс (ГЗК), заглубляющая сила (ЗС), скорость буксировки, гараж-заглубитель (ГЗ), носительнулевой плавучести (ННП), вертикальное подруливающее устройство (ВПУ), кабель-связи (КС).

RESULTS OF VESSEL-OUTBOARD SYSTEM CONTROL SURVEY IN LONGITUDINAL-VERTICAL PLANE

I.M. Dantsevich, M.N. Lyutikova

The article considers a complex aspect of the technology of obtaining low-quality materials of geophysical research of the shelf. Semi-personnel as a result of deep-sea towing of the underwater geophysical outboard complex (GZK) data (sonar survey, side scan sonar results, various telemetry) depend on the equipment name and the presence of noise in the received data. It says the speed, yaw and trim of the GZK in the longitudinal-vertical plane-bone, when shooting it is advisable to withstand a certain angle of attack to obtain a «promising» projection of the bottom. Assessment of the manoeuvrability of the GZK in the vertical plane is necessary to determine its dynamic capabilities when bypassing obstacles and tracking changing terrain.

Keywords: geophysical outboard complex (GZK), plugging force (ZS), towing speed, garage-submersible (GZ), zero buoyancy carrier (NNP), vertical steering device (VPU), communication cable (SC).

1 Введение

Задачи, решаемые геофизическими судами широки, и при наиболее характерных технологических операциях, наиболее часто их привлекают к спасательным операциям,

подъёму затонувших объектов, поиску различных предметов и др. [1]. Весь перечень задач решаемых этими судами требует специальных технологий судовождения с применением