

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ «КАПИТАН ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА – НАЗНАЧЕННОЕ ЛИЦО КОМПАНИИ»

С. Д. Березенко, К. В. Пеньковская, В. И. Меньшиков

*Мурманский государственный технический университет,
Мурманск, Российская Федерация*

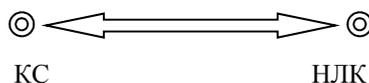
Показатели результативности управления состоянием безопасности судов компании на промысле зависят от рациональной организации информационных потоков в сетях систем управления состоянием безопасности. Проиллюстрирована модель зависимости от рациональной организации информационных потоков между капитанами судов и назначенным лицом компании в виде направленного графа. Отмечено, что информационная избыточность в каналах «капитан – назначенное лицо» и «назначенное лицо – капитан» обычно приводит к перегрузке и пропускам важных промысловых и навигационных сообщений. Доказано, что при заданной точности прогнозирования параметров состояния безопасности судна и заданных скоростных характеристиках передачи данных можно достаточно точно оценить необходимую тактность в трансляции информации по каналам связи системы управления безопасностью. Рассматриваются два варианта, при которых случайная составляющая подчиняется либо нормальному закону, либо экспоненциальному закону распределения. Проанализированы полученные соотношения для определения объема информации и тактности в ее передаче по некоторым техническим и эксплуатационным параметрам судна на промысле от капитана судна к назначенному лицу компании. Оценив объем информации и необходимую скорость ее передачи по каналам связи системы управления состоянием безопасности для каждого судна, можно построить рациональную систему управления состоянием безопасности судов компании на промысле.

Ключевые слова: параметры состояния безопасности судна, передача информации в системе управления безопасностью промысла, рациональная организация связи, капитан судна, назначенное лицо компании.

Для цитирования: Березенко С. Д., Пеньковская К. В., Меньшиков В. И. Оценка эффективности передачи потоков информации в сети «капитан промыслового судна – назначенное лицо компании» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 1. С. 39–43. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-1-39-43.

Введение

Эффективность управления состоянием безопасности судов компании на промысле зависит от рациональной организации информационных потоков между капитанами судов (КС) и назначенным лицом компании (НЛК). Модель такой организации потоков информации в системе управления безопасностью промысла (СУБ) можно представить в виде направленного графа (рис.).



Система организации передачи сообщений в сетях СУБ компании

Тогда решение задач по обеспечению безопасного промысла может быть гарантировано, если исходная информация, транслируемая по каналам «капитан – назначенное лицо» и «назначенное лицо – капитан» (рис.), передается без потери своих основных информационных качеств. Однако информационная избыточность в этих каналах обычно приводит к перегрузке и пропускам важных промысловых и навигационных сообщений [1].

Управление безопасностью на промысле осуществляется на основе информации о техническом и эксплуатационном состоянии судов, передаваемой в суточных донесениях по всем параметрам промысловой обстановки. Такая организация связи обуславливает весьма большой объем передаваемой информации от каждого судна при достаточной степени ее избыточности. В то же время передача информации в наиболее компактной форме позволяет существенно снизить ее объем и использовать эту форму в качестве критерия эффективности СУБ промысла в целом.

Постановка задачи

Одним из вариантов создания рациональной организации информационных потоков является попытка обоснования периодичности передачи информации о параметрах технического, эксплуатационного и промыслового состояний судна на базе общих положений теории информации. С практической точки зрения математическая сторона вопроса заключается в том, что необходимо определить метод дискретизации параметров сообщений, идущих по линиям связи (рис.) и подчиняющихся закономерностям вида

$$x(t) = \varphi(t) + \psi(t), \quad (1)$$

где $x(t)$ – текущее значение измеряемого параметра; $\varphi(t)$ – детерминированная составляющая этого передаваемого параметра; $\psi(t)$ – его случайная составляющая.

Для оценки информативных качеств каждого сообщения вида (1) с общих информационных позиций необходимо рассматривать энтропию состояний промыслового судна [2]. Другими словами, такое состояние судна, когда фактическое значение наблюдаемого параметра $x(t)$ будет существенно отличаться с точки зрения точности измерения δ_x от его ожидаемого значения, равного $m_x(t)$, и целиком определяться случайной составляющей $\psi(t)$.

Известно, что прирост информации равен

$$I(x) = H_\varepsilon(x) - H_0(x), \quad (2)$$

где $H_\varepsilon(x)$ – энтропия промыслового судна в конце интервала наблюдения; $H_0(x)$ – энтропия промыслового судна в предыдущий момент наблюдения.

Оценка прироста информации в потоках в сетях системы управления безопасностью

Рассмотрим два варианта, когда числовые значения случайной составляющей $\psi(t)$ подчиняются или нормальному закону, или экспоненциальному закону распределения. Если плотность распределения случайной величины подчинена нормальному закону распределения, то получим:

$$H_\varepsilon(x) = \log_2[\sigma_x(t) / 2\delta_x] \sqrt{2\pi\varepsilon};$$

$$H_0(x) = \log_2[\sigma_x(0) / 2\delta_x] \sqrt{2\pi\varepsilon}.$$

Тогда прирост количества информации может быть представлен в виде

$$I(x) = \log_2[\sigma_x(t) / \sigma_x(0)], \quad (3)$$

где $\sigma_x(t)$ – текущее значение среднего квадратического отклонения наблюдаемого параметра; $\sigma_x(0)$ – среднее квадратическое значение наблюдаемого параметра в момент предыдущего наблюдения.

Среднее квадратическое значение контролируемого параметра целиком определяется средним квадратическим значением случайной составляющей:

$$\sigma_x(t) = \sigma_\psi(t).$$

Среднее квадратическое значение случайной составляющей может быть определено через среднее квадратическое значение скорости изменения случайной составляющей:

$$\sigma_\psi(t) = \sigma_\psi(0) + \sigma_v t.$$

Очевидно, что прирост количества информации должен быть меньше 1 двоичной единицы. Следовательно, это условие можно использовать при определении интервала T , через который необходимо отправлять сообщения как по прямому, так и по обратному каналу связи. За этот интервал должен наблюдаться прирост информации в 1 двоичную единицу. Тогда выражение (3) под знаком логарифма будет иметь вид:

$$I(x) = \log_2[(\sigma_x(0) + \sigma_v T) / \sigma_x(0)] \geq 1 \text{ двоич. ед.}$$

В этом случае выражение под знаком логарифма определится так:

$$(\sigma_x(0) + \sigma_v T) / \sigma_x(0) \geq 2,$$

или

$$\sigma_v T / \sigma_x(0) \geq 1,$$

откуда рациональный интервал между очередными сообщениями в каналах связи СУБ очевидно равен

$$T \geq \sigma_x(0) / \sigma_v.$$

При таком интервале между двумя отправленными по каналам связи сообщениями погрешность интерполяции в определении математического ожидания контролируемого параметра состояния судна будет не более

$$\sigma_x(0, T) = \sqrt{\sigma_x^2(0) + \sigma_x^2(T)}.$$

Если плотность распределения случайной величины подчинена экспоненциальному закону, описываемому функцией

$$P(x) = (1 / M_x) \exp[-x / M_x],$$

где M_x – математическое ожидание случайной величины x , то энтропия переданного по каналам связи СУБ сообщения может быть представлена выражением

$$H(x) = \log_2(M_x e / \delta_x).$$

Третьим возможным законом распределения, которому может подчиняться часть показателей по безопасности судна рыбопромысловой компании, является нестационарный пуассоновский поток с плотностью распределения вида:

$$P_x(x) = [a + b(x_0 + x)] \exp\{-x[a + b(x_0 + x/2)]\}. \quad (4)$$

Несомненный интерес представляет знание энтропии сообщений, периодически идущих по каналам связи СУБ, которые подчиняются закону (4). Исходя из общего определения дифференциальной энтропии получим

$$h_x = M[-\log_2 f(x)],$$

а учитывая основные свойства математического ожидания и принимая некоторые дополнительные допущения, путем сравнительно несложных преобразований можно найти значение энтропии периодических сообщений, передаваемых по каналам СУБ, для случая нестационарного пуассоновского потока:

$$H(x) = \log_2 \{ [(a + bx_0)^{(x_0 + a/b)/x} / 2\delta_x [(a + b(x_0 + x))^{(a/b)(x + x_0/X = 1)}] \times \\ \times \exp[a + b(x_0 + M_x/2)M_x] \},$$

где x_0 , a и b определяются выражениями

$$a = \int_x^{x_0+x} \lambda(x) dx; \\ \lambda(x) = a + bx.$$

Анализ статистических характеристик динамики производственных показателей в СУБ промышленной компании свидетельствует, что со временем энтропийное состояние сообщений, как правило, меняется практически линейно. В этом случае энтропия сообщения о состоянии безопасности промышленного судна в конце интервала наблюдения $H_e(x)$ отличается от энтропии сообщения в предыдущий момент измерения в соответствии с уравнением

$$H_e(x) = H_0(x) + \log_2(\sigma_v t / \delta_x).$$

Учитывая выражение (2) и принимая условие, что прирост количества информации должен быть не менее 1 двоичной единицы (бит), можно записать:

$$I(x) = \log_2(\sigma_v T / \delta_x) \geq 1 \text{ двоич. ед.} \quad (5)$$

Из выражения (5) легко определяется период следования сообщений по каналам в СУБ, при которых наблюдается прирост количества информации в 1 бит:

$$T = 2\delta_x / \sigma_v. \quad (6)$$

Обсуждение полученного результата

Формулу (6) можно считать центральной при формировании рациональной организации системы информационных потоков по безопасности промысла. Кроме того, следует учитывать,

что в любой системе управления для рациональной организации передачи дискретной информации следует использовать выражение (6), особенно при закономерностях нестационарных случайных процессов (1).

При передаче сообщения о техническом и эксплуатационном состоянии судна через интервалы времени T , естественно, должно передаваться не отклонение случайной составляющей измеряемого параметра, а полное изменение этого параметра. В таком случае каждое сообщение несет информацию:

$$I_c(x) = 1 + \log_2(M_x(T) / 2\delta_x).$$

Скорость передачи этой информации должна быть равной

$$R = I_c(x) / T = [1 + \log_2(M_x(T) / 2\delta_x)] / T.$$

Производя суммирование прироста информации по всем параметрам состояния безопасности судна, подлежащим передаче назначенному лицу компании через интервал времени T , можно оценить полный объем информации и максимальную скорость ее передачи:

$$R = (1/T) \sum_{j=1}^n I_c(x).$$

Пропускная способность канала связи c определяется из условия $c \geq R$.

Рассмотрим полученные выше соотношения для определения объема информации и тактности в ее передаче по некоторым техническим и эксплуатационным параметрам судна на промысле от КС к НЛК. Пусть задана относительная допустимая погрешность по передаче любого параметра состояния безопасности судна не более 0,5–0,6 %. Тогда $\delta_x / x_{\max} = 0,01$, а учитывая, что сообщения о состоянии безопасности судна капитан передает в форме бланка суточного донесения, например для позиции «дизельное топливо», то получим рациональную периодичность передачи информации с учетом выражения (6), равную $T = 2,5$ сут при полном объеме информации $I_{\Pi} = \log_2 N \approx 7$ бит.

Заключение

Таким образом, имея в качестве исходного материала заданную точность прогнозирования контролируемого параметра состояния безопасности судна, а также скоростные характеристики передачи данных, можно достаточно точно оценить необходимую тактность в передаче информации по каналам связи СУБ. Кроме того, можно определить объем информации и необходимую скорость ее передачи данных для каждого судна, построив тем самым рациональную систему управления состоянием безопасности судов компании на промысле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышевский М. А., Пасечников М. А., Пеньковская К. В. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. 212 с.
2. Кукуи Ф. Д., Анисимов Н. А., Анисимов А. А. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. 185 с.

Статья поступила в редакцию 15.01.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Березенко Сергей Дмитриевич – Россия, 183010, Мурманск; Мурманский государственный технический университет; соискатель; директор института «Морская академия»; BerezenkoSD@mstu.edu.ru.

Пеньковская Ксения Вячеславовна – Россия, 183010, Мурманск; Мурманский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры судовождения; kseniamgtu@rambler.ru.

Меньшиков Вячеслав Иванович – Россия, 183010, Мурманск; Мурманский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры судовождения; menishikovvi@mstu.edu.ru.



**EVALUATING EFFICIENCY OF DATA
FLOW TRANSMISSION IN NETWORK “CAPTAIN
OF FISHING VESSEL - COMPANY’S DESIGNATED PERSON”**

S. D. Berezenko, K. V. Penkovskaya, V. I. Menshikov

*Murmansk State Technical University,
Murmansk, Russian Federation*

Abstract. The article considers the effective control of the company's vessels safety in the fishing area, which depends on the rational organization of information flows in the networks of safety management systems. There has been shown a directed graph demonstrating the model of dependence on the rational organization of information flows between the captains of ships and the appointed person of the company. The information redundancy in the “captain - designee” and “designee - captain” channels is stated to lead to congestion and omissions of important fishing and navigation messages. It has been found that for a given accuracy of predicting the data of the controlled parameters of the ship's safety, as well as for the given data transfer rate, the necessary tact in transmitting the data through the communication channels of the safety management system can be accurately estimated. There are considered two versions, when the random component obeys either the normal law or the exponential distribution law. The obtained ratios are analyzed to determine the amount of information and tact in its transmission for some technical and operational parameters of the vessel in the fishing area from the captain of the vessel to the designated person of the company. It is shown that by estimating the amount of information and the necessary speed of its transmission through the communication channels of the safety management system for each vessel, it is possible to build a rational system for managing the safety of the company's vessels in the fishing area.

Key words: parameters of the ship's safety, data transfer in the fishing safety management system, rational organization of communication, captain of the vessel, company's designated person.

For citation: Berezenko S. D., Penkovskaya K. V., Menshikov V. I. Evaluating efficiency of data flow transmission in network “captain of fishing vessel - company's designated person”. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies.* 2021;1:39-43. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2021-1-39-43.

REFERENCES

1. Gladyshevskii M. A., Pasechnikov M. A., Pen'kovskaia K. V. *Organizatsionno-tekhnicheskie struktury, obespechivaiushchie bezopasnuiu ekspluatatsiiu sudna* [Organizational and technical structures ensuring safe operation of vessel]. Murmansk, Izd-vo MGTU, 2008. 212 p.
2. Kukui F. D., Anisimov N. A., Anisimov A. A. *Osnovnye protsessy v strukturakh bezopasnoi ekspluatatsii sudna* [General processes in structures of ship's safe operation]. Murmansk, Izd-vo MGTU, 2008. 185 p.

The article submitted to the editors 15.01.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Berezenko Sergey Dmitrievich – Russia, 183010, Murmansk; Murmansk State Technical University; Competitor; Director of the Marine Academy; BerezenkoSD@mstu.edu.ru.

Penkovskaya Ksenia Vyacheslavovna – Russia, 183010, Murmansk; Murmansk State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Navigation; kseniamgtu@rambler.ru.

Menshikov Vyacheslav Ivanovich – Russia, 183010, Murmansk; Murmansk State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Navigation; menishikovvi@mstu.edu.ru.

