

THE FUNCTIONING MODEL OF LNG CARRIERS

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУДНА-ГАЗОВОЗА LNG

Dong Xinshuo

michael3123@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-7248-2294

Дун Синьшо,

асп.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. LNG carriers are specialized carriers designed for transporting liquefied natural gas (LNG). The assessment of their efficiency and reliability is one of the most significant problems in the design of such vessels. The functioning model of a LNG carrier is developed in the article to solve this task. The model includes determination of the main functional operations of the LNG carrier and the probability of their completion. The article also shows all types of emergency situations which the LNG carriers could encounter. The results of the article can be used to determine the efficiency indices in the problem of finding the optimal basic characteristics of this type of vessel.

Keywords: LNG carriers; functioning model; efficient time period.

Аннотація. Розроблена модель функціонування судна-газовоза LNG. Отримані залежності для визначення часу всіх основних функціональних операцій такого судна та ймовірності їх виконання. Отримані результати можуть бути використані в задачі пошуку оптимальних основних характеристик судна-газовоза LNG.

Ключевые слова: судно-газовоз LNG; модель функціонування; час продуктивного періода.

Анотація. Розроблено модель функціонування судна-газовоза LNG. Отримано залежності для визначення часу всіх основних функціональних операцій такого судна та ймовірності їх виконання. Отримані результати можуть бути використані в задачі пошуку оптимальних основних характеристик судна-газовоза LNG.

Ключові слова: судно-газовоз LNG; модель функціонування; час продуктивного періода.

REFERENCES

- [1] Zaytsev V.V., Korobanov Yu.N. *Suda-gazovozy* [Gas carriers]. Leningrad, Shipbuilding Publ., 1990. 304 p.
- [2] Logatchev S.I., Nikolaev M.M. *Suda dlya perevozki szhizhennykh gazov* [Liquefied gas carriers]. Leningrad, Shipbuilding Publ., 1966. 260 p.
- [3] Logatchev S.I., Chugunov V.V., Gorin E. A. *Mirovoe sudostroenie: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya* [World shipbuilding: current state and prospects of development]. Saint-Petersburg, Mor Vest Publ., 2009. 544 p.
- [4] Makarov V.G. *Spetsialnye sistemy sudov-gazovozov* [Special systems of gas carriers]. Saint-Petersburg, SMTU Publ., 1997. 472 c.
- [5] Kostylev I.I., Ovsyannikov M.K. *Morskaya transportirovka szhizhennogo gaza* [Marine transportation of liquefied gas]. Saint-Petersburg, GMA im. adm. S.O. Makarova Publ., 2009. 304 p.
- [6] Nekrasov V.A., Pankova O.V. Model funktsionirovaniya sudna, rabotayushchego v rezhime posledovatelnykh reysov [Functioning model of the ships making consecutive voyages]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK* [Collection of Scientific Publications of NUS], 2009, no. 1, pp. 57–61.
- [7] Duan Yulong, Hu Yihuai. The analysis of LNG tanker accidents and the risk control. *Ship & Ocean Engineering*, 2013, no. 6.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Суда-газовозы LNG – специализированные суда для перевозки сжиженного природного газа. Оценка их эффективности и надежности является одной из важнейших задач проектирования таких судов. Эта

задача может решаться на основе построения модели функционирования судна и анализа операций, выполняемых судном с помощью этой модели. Данное направление исследования *актуально* на сегодняшний день.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основные оперативные задачи судна-газовоза LNG излагались в относительно небольшом числе монографий [1–5], но научных публикаций по разработке модели функционирования судна-газовоза LNG не обнаружено. В настоящее время широкое распространение (см., например, [6]) получают модели функционирования судов, описывающие выполняемые ими основные операции и вероятности выполнения операций.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – разработка модели функционирования судна-газовоза LNG, включающей в себя определение основных функциональных операций судна-газовоза LNG, вероятности выполнения основных операций и времени продуктивного периода судна.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В соответствии со своими конструктивно-технологическими особенностями суда-газовозы LNG относятся к наиболее дорогостоящему грузовому флоту, поэтому обычно их строят под конкретный проект, они перевозят грузы на определенных линиях на основе долгосрочных договоров [4].

Транспортная операция судов-газовозов LNG – типичный круговой рейс: грузы по контрактам периодически перевозятся из порта отправления в порт назначения. Но, в отличие от многих транспортных судов, после разгрузки в порту назначения суда-газовозы LNG возвращаются в порт отправления без груза обратного перехода.

В состав оперативных задач кругового рейса судна-газовоза LNG входят:

- погрузка в порту отправления груза;
- подход к порту (завершение обратного перехода – порт), сопровождение эскортным буксиром;
- швартовка буксирами-кантовщиками (приход в порт – завершение швартовки);
- подготовка к погрузке (соединение трубопроводов, охлаждение и т. д.), начало дежурства пожарного судна;
- погрузка (начало погрузки – завершение погрузки);
- подготовка к отходу (разъединение трубопроводов, получение судовых документов и т. д.), конец дежурства пожарного судна;
- отход от порта (порт – начало рейса), буксирное сопровождение буксирами-кантовщиками и эскортным буксиром;
- транспортировка груза по морю к порту назначения;
- выгрузка в порту назначения груза:
- подход к порту (завершение рейса – порт), сопровождение эскортным буксиром;
- швартовка буксирами-кантовщиками (приход в порт – завершение швартовки);
- подготовка к выгрузке (соединение трубопроводов, охлаждение и т. д.), начало дежурства пожарного судна;

выгрузка (начало выгрузки – завершение выгрузки);

подготовка к отходу (разъединение трубопроводов, получение судовых документов и т. д.), конец дежурства пожарного судна;

отход от порта (порт – начало обратного перехода), буксирное сопровождение буксирами-кантовщиками и эскортным буксиром;

– обратный переход по морю к порту отправления (балластный переход).

Здесь необходимо отметить, что после выгрузки в порту назначения в грузовых танках оставляют небольшое количество LNG, оно составляет 1–2 % общей вместимости судна. Этот остаток используется для поддержания внутреннего давления и охлаждения грузовых танков.

Время кругового рейса $t_{кр}$ может определяться по формуле

$$t_{кр} = t_t + t_o + t_n + t_b + t_{шв} + t_{эс} + t_{под},$$

где t_t – время транспортировки груза по морю к порту назначения; t_o – время обратного перехода по морю к порту отправления; t_n – время погрузки груза; t_b – время выгрузки груза; $t_{шв}$ – время швартовых операций (швартовка и отшвартовка) в портах; $t_{эс}$ – время эскортных операций на подходе к портам; $t_{под}$ – время подготовки (соединение и разъединение трубопроводов, охлаждение, получение судовых документов).

Во время кругового рейса судов-газовозов LNG возможны различные аварии. Например, за время эксплуатации 1964–2010 гг. произошло 167 аварийных ситуаций, подразделяющихся на восемь типов (табл. 1) [7]. Процесс выполнения кругового рейса может сопровождаться одной или несколькими авариями, завершающимися ремонтом или отстоем. Схема основных операций кругового рейса судна-газовоза LNG приведена на рис. 1.

Известно из статистических данных, что почти за полвека ни одной гибели судна-газовоза LNG не произошло [6]. Это объясняется тем, что возможные серьезные последствия утечки газа или гибели судна-газовоза LNG всегда вызывали и вызывают большое внимание.

Таблица 1. Типы аварийных ситуаций судов-газовозов LNG

Типы аварийных ситуаций	Количество аварий	Процентное отношение
Касание	8	4.8
Непогода	9	5.3
Столкновение	20	12.0
Посадка на мель	8	4.8
Пожар и взрыв	10	6.0
Авария при погрузке и выгрузке	23	13.8
Неисправность оборудования и механизма	59	35.3
Неисправность системы и управления грузом	30	18.0
В итоге	167	100

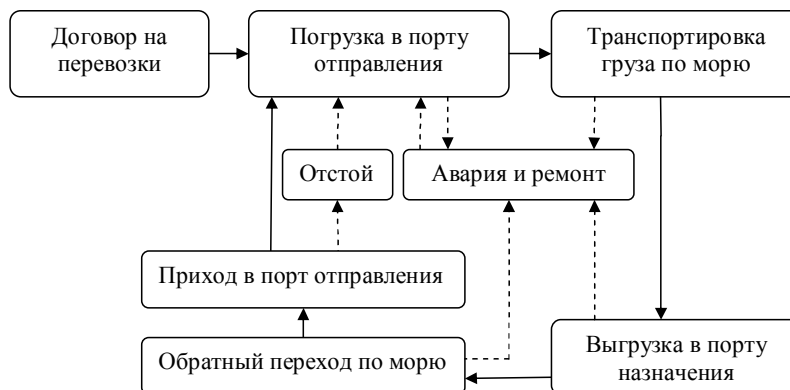


Рис. 1. Схема основных операций кругового рейса судна-газовоза LNG

Время продуктивного периода T_{mn} судна-газовоза LNG определяется по формуле

$$T_{mn} = \sum_{кр=1}^N t_{кр} = T_{ж} - \sum_{от=1}^M t_{от} - \sum_{р=1}^J t_{р},$$

где $T_{ж}$ – время жизненного цикла судна; $t_{от}$ – время отстоя; $t_{р}$ – время ремонта; N, M, J – соответствующее количество круговых рейсов, отстоев и ремонтов.

Успешный круговой рейс должен включать в себя выполнение всех указанных оперативных задач без аварий. Предположим, что

$H_{кр}$ – операция выполнения функционального назначения судна-газовоза LNG в одном рейсе;

$H_{п}$ – операция погрузки груза в порту отправления;

$H_{т}$ – операция транспортировки груза по морю к порту назначения;

$H_{в}$ – операция выгрузки в порту назначения груза;

$H_{о}$ – операция обратного перехода по морю к порту отправления.

Тогда вероятность выполнения судном-газовозом LNG совокупности основных функциональных операций $P[H_{кр}]$ определяется по формуле

$$P[H_{кр}] = P[H_{п}] P[H_{т}] P[H_{в}] P[H_{о}].$$

ВЫВОДЫ

1. Разработанная модель функционирования, содержащая совокупность основных функциональных операций судна-газовоза LNG, позволяет составлять зависимость для определения времени продуктивного периода и вероятности их выполнения.

2. Эта зависимость является основой для определения показателей эффективности в задаче поиска оптимальных основных характеристик судна такого типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Зайцев, В. В.** Суда-газовозы [Текст] / В. В. Зайцев, Ю. Н. Коробанов. – Л. : Судостроение, 1990. – 304 с.
- [2] **Логачев, С. И.** Суда для перевозки сжиженных газов [Текст] / С. И. Логачев, М. М. Николаев. – Л. : Судостроение, 1966. – 260 с.
- [3] **Логачев, С. И.** Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития [Текст] / С. И. Логачев, В. В. Чугунов, Е. А. Горин. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб. : Мор Вест, 2009. – 544 с.
- [4] **Макаров, В. Г.** Специальные системы судов-газовозов [Текст] / В. Г. Макаров. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 1997. – 472 с.
- [5] **Костылев, И. И.** Морская транспортировка сжиженного газа [Текст] / И. И. Костылев, М. К. Овсянников. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009. – 304 с.
- [6] **Некрасов, В. А.** Модель функционирования судна, работающего в режиме последовательных рейсов [Текст] / В. А. Некрасов, О. В. Панкова // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2009. – № 1 (424). – С. 57–61.
- [7] **Duan, Yulong.** The analysis of LNG tanker accidents and the risk control [Text] / Duan Yulong, Hu Yihuai // Ship & Ocean Engineering. – 2013. – № 6.

© Дун Синьшо

Надійшла до редколегії 04.11.2014

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов