

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-157-164

THE STUDY OF COMPENSATORY POSSIBILITIES OF ROUTING PIPELINES PROJECT OF SHIP SYSTEMS

G. V. Ngo, K. N. Sakhno

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation.

The paper sets out problem of manufacture and installation of ship pipelines with design information. Questions of technological increase of pipelines at the design stage and the modern technology of deviation compensation with using bottom-hole pipe, manufacture which requires redetermination of size on the ship and presence of object's readiness are considered. Authors analyze the conditions and possibilities of compensation of coordinate size deviations of pipelines. Results of the analysis determined that to improve the manufacturability of ship system pipelines, bottom-hole pipe shall be made at the same time with the rest of pipes up to installation of connections with calculation of necessary overdimensions of pipes in definite directions. The overdimensions of other pipes do not appoint. Authors offer a new technology of deviations compensation by turning the pairs of parallel sections in the route and resolved the problem of arc surfaces, solution of which will allow you to determine oblast of compensation's possibilities of pipelines with various configurations. The mathematical description of the compensation's possibilities of pipelines with various configurations with calculation of necessary overdimensions of pipes in definite directions is completed. Created the pre-requisite for creating an automated program that will let you to determine the values of compensation's possibilities of pipelines. With regard to major quantity of pipelines offer the opportunity to replace bottom-hole to fit pipe, flexible which will be carried out on the project size, without redetermination on the ship, contributing to reduce duration of construction of object, difficult technological complexes saturated with pipelines.

Keywords: pipelines, design, manufacture, mounting, tracing, compensatory oblast.

For citation:

Ngo, Viet Gia, and Konstantin N. Sakhno. "The study of compensatory possibilities of routing pipelines project of ship systems." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.1 (2017): 157–164. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-157-164.

УДК 629.12

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЕКТНОЙ ТРАССИРОВКИ ТРУБОПРОВОДОВ СУДОВЫХ СИСТЕМ

Ж. В. Нго, К. Н. Сахно

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
Астрахань, Российская Федерация.

Изложены пути решения некоторых проблем изготовления и монтажа труб судовых систем по проектной информации. Рассматриваются вопросы повышения технологичности трубопроводов на этапе проектирования. Рассматривается традиционная технология компенсации отклонений с использованием забойных труб, изготовление которых требует уточнения размеров по месту и наличия определенной степени готовности объекта. Проведён анализ условий и возможностей компенсации отклонений как трассы трубопровода, так и соседних конструкций в процессе монтажа труб. Поставлена задача изготовления забойной трубы вместе с остальными трубами трассы с учетом необходимых технических припусков на концах труб в определенных направлениях до операции установки соединений. Предложено компенсировать отклонения за счёт перемещения трассы трубопровода в процессе монтажа труб и рассчитывать максимальные величины этих перемещений у анализируемой трассы. Выполнено математическое описание получения компенсационных возможностей любой трассы трубопровода по её конфигурации. Разработаны действия по увеличению компенсационных возможностей трассы за счёт назначения необходимых припусков на забойной трубе. Проверена возможность и достаточность назначения припуска только на одном конце забойной трубы. Рассчитана длина необходимых припусков. Предложено понятие «пригоняемые» трубы, вместо забойных. Созданы предпосылки для создания автоматизированной программы, которая позволит определять

значения области компенсационных возможностей трасс трубопроводов, выбирать забойные трубы, переводить их в статус пригоняемых и назначать величины необходимых припусков. Выявлено, что во многих проектах судов есть возможность для замены забойных труб на пригоняемые трубы, гибка которых будет осуществляться по проектным размерам, без уточнения по месту, способствуя сокращению сроков строительства объектов, сложных технологических комплексов, насыщенных трубопроводами.

Ключевые слова: трубопроводы, проектирование, изготовление, монтаж, трассировка, область компенсации.

Для цитирования:

Нго Ж. В. Исследование компенсационных возможностей проектной трассировки трубопроводов судовых систем / Ж. В. Нго, К. Н. Сахно // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 1. — С. 157–164. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-157-164.

Введение

Совершенствование методов проектирования, изготовления и монтажа трубопроводов без пригоночных работ и уточнения размеров на судне связано с решением двух проблем: точностью выполнения конструктивных размеров основных труб и получением достоверной проектной конфигурации забойных труб. Технология изготовления и монтажа забойной трубы включает фактические замеры между двумя жесткофиксированными соединениями, изменение на этой основе конфигурации забойной трубы и пригоночные работы по установке приварных соединений [1] – [14]. Повышение технологичности трасс трубопроводов ограничено тем, что в процессе монтажа не допускается изменение фактических конструктивных размеров и конфигурации забойных труб.

В связи с изложенным, для повышения технологичности трубопроводов забойная труба должна изготавливаться по проектной информации без уточнения размеров по месту. Проектная документация на забойные трубы будет отличаться от документации на основные трубы только наличием технологических припусков на концах трубы. В дальнейшем их можно называть «пригоняемые» трубы. Для успешного монтажа трасс с пригоняемыми трубами необходимо в процессе монтажа иметь возможность перемещать трассу, компенсируя возникающие отклонения как труб, так и соседних конструкций в направлениях, которые нельзя компенсировать за счёт припусков на забойной трубе [1]. Трасса трубопровода должна иметь возможность перемещения хотя бы в одном координатном направлении.

Компенсация отклонений перемещением трасс трубопроводов

Возможность перемещения при монтаже трасс из готовых труб предполагалась ранее действовавшими нормативными документами за счёт поворота труб в свободных соединениях. Повороты в соединениях могут изменить направление последнего участка трассы, что нарушит соосность по углу с осью жёстко фиксированного соединения, ограничивающего трассу. Для различных трасс допускаемый угол составляет $1 - 3^\circ$ [1]. Такой допуск не позволяет использовать повороты для перемещения трассы, если последний прямой участок трассы не параллелен выбранному участку, на котором находится поворачиваемое соединение. Если в трассе за поворачиваемым соединением имеется участок, параллельный выбранному, и на нём есть свободное соединение, то повернув оставшуюся за этим соединением часть трассы на тот же угол, что и выбранное соединение, но в обратном направлении, несоосность по углу направления последнего участка трассы будет устранена. Таким образом, перемещение трассы возможно при наличии в трассе параллельных участков и свободных соединений, расположенных на этих участках.

В процессе поворотов трассы в свободных соединениях, последующие участки трассы перемещаются по дугам окружностей с радиусами величиной, равной перпендикуляру, опущенному из любой точки последующего участка до оси поворота, т. е. до оси, являющейся продолжением участка поворачиваемого соединения. Математическое описание действий по определению компенсационных возможностей трассы связано с решением задачи о дуговых поверхностях.

Если окружность перемещать вдоль её оси, получим цилиндрическую поверхность. Если таким же образом перемещать часть окружности, т. е. её дугу, получим криволинейную поверхность в виде части оболочки цилиндра. Если перемещать часть дуги не в направлении её оси, а по дуге другой окружности, пересекающей эту окружность в точке A , получим двуизогнутую поверхность. Если эти две дуги, в точке их пересечения, пересекает третья дуга, ось окружности которой не параллельна осям двум предыдущим дуг, то перемещая двуизогнутую поверхность по дуге третьей окружности, получим объёмную фигуру.

Постановка задачи

Даны k окружностей с центрами C_1, C_2, C_k и соответственными радиусами R_1, R_2, R_k . Окружности принадлежат плоскостям, которые задаются нормальными $\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_k$. Все окружности проходят через точку A . Для каждой окружности определена дуга $M_i N_i$, содержащая точку A , в которой все окружности пересекаются. Угол $\angle M_i C_i A = \alpha_i$, угол $\angle A C_i N_i = \beta_i$. Дуга I перемещается по направлению второй дуги параллельным переносом, образуя криволинейную поверхность S_2 . Криволинейная поверхность S_2 перемещается параллельным переносом вдоль направления третьей дуги, образуя криволинейный объём S_3 [1].

Задача

1. Составить уравнение поверхности S_2 , которая получается движением дуги $M_1 N_1$ параллельным переносом вдоль дуги $M_2 N_2$.

2. Составить уравнение пространственной области S_3 , которая получается при движении поверхности S_2 параллельным переносом вдоль дуги $M_3 N_3$.

3. Составить уравнение пространственной области S_i , которая получается при движении области S_{i-1} параллельным переносом вдоль дуги $M_i N_i$, $i = 4, 5, \dots, k$.

Координаты произвольной точки i -й окружности

Определим координаты произвольной точки для каждой окружности. Для этого зададим

в направлении радиуса окружности единичный вектор $\vec{e}_i = \frac{\vec{C_i A}}{R_i} = \frac{\vec{O A} - \vec{O C_i}}{R_i}$, где $O = [0, 0, 0]$ — начало координат. Пусть $\vec{k}_i = [\vec{n}_i, \vec{e}_i]$ (здесь $[\vec{n}, \vec{e}] = [n_2 e_3 - n_3 e_2, n_3 e_1 - n_1 e_3, n_1 e_2 - n_2 e_1]$ — векторное произведение). Длина вектора $\vec{u}_i = \frac{\vec{k}_i}{|\vec{k}_i|}$ будет равна единице. Векторы $\vec{e}_i, \vec{u}_i, \vec{n}_i$ образуют ортонормированный базис (рис. 1).

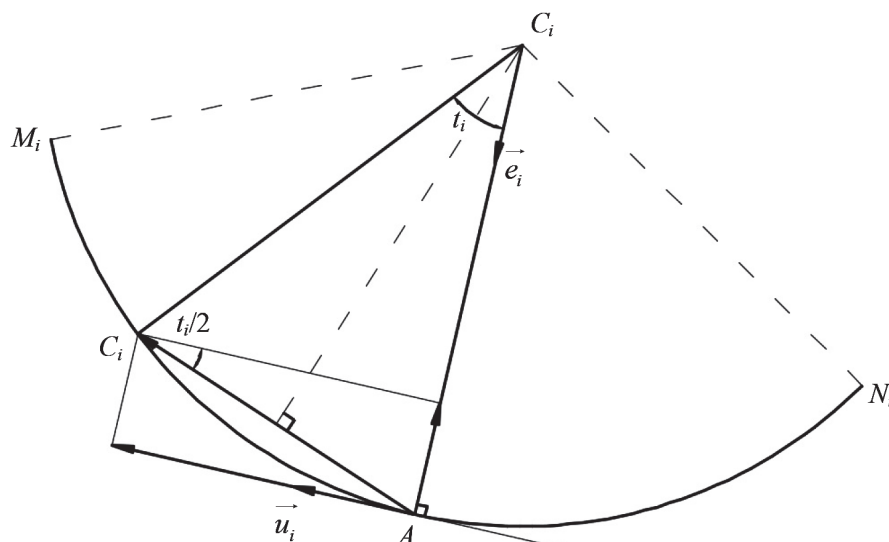


Рис. 1. Определение координат произвольной точки окружности

где $\overrightarrow{OF_1}$ определяется по формуле (4); $\overrightarrow{F_1F_2}$ в окружности $(C'_2; R_2)$ определяется как вектор $\overrightarrow{AF_i}$ в окружности $(C_i; R_i)$

$$\overrightarrow{F_1F_2} = R_2 \sin(t_2) \overrightarrow{u_2} - R_2 (1 - \cos(t_2)) \overrightarrow{e_2}. \quad (6)$$

Подставим формулы (4) и (6) в (5) и найдем уравнение поверхности S_2 (рис. 3):

$$\overrightarrow{OF_2}(t_1, t_2) = \overrightarrow{OA} + R_1 \sin(t_1) \overrightarrow{u_1} - R_1 (1 - \cos(t_1)) \overrightarrow{e_1} + R_2 \sin(t_2) \overrightarrow{u_2} - R_2 (1 - \cos(t_2)) \overrightarrow{e_2}; \quad (7)$$

$$-\alpha_1 \leq t_1 \leq \beta_1; -\alpha_2 \leq t_2 \leq \beta_2.$$

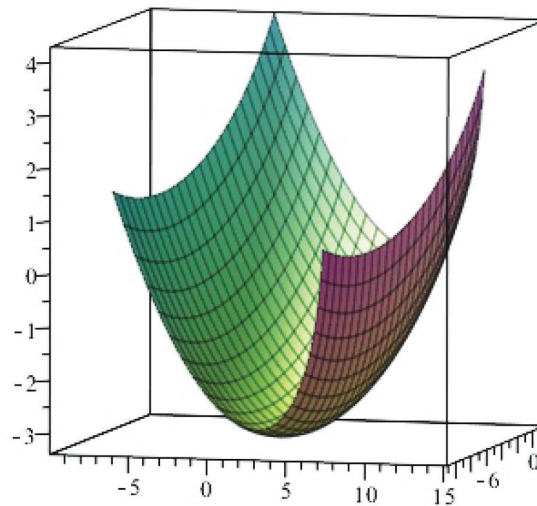


Рис. 3. Поверхность S_2

Уравнение пространственной области S_3

При движении поверхности S_2 вдоль дуги M_3N_3 точка F_2 в формуле (7) двигается до положения точки F_3 по окружности $(C'_3; R_3)$, где окружность $(C'_3; R_3)$ образуется при движении окружности $(C_3; R_3)$ параллельным переносом по вектору $\overrightarrow{F_1F_2}$, т. е. $\overrightarrow{C_3C'_3} = \overrightarrow{F_1F_2}$. По аналогии с формулой (7) получим уравнение области S_3 (рис. 4):

$$\overrightarrow{OF_3}(t_1, t_2, t_3) = \overrightarrow{OA} + R_1 \sin(t_1) \overrightarrow{u_1} - R_1 (1 - \cos(t_1)) \overrightarrow{e_1} + R_2 \sin(t_2) \overrightarrow{u_2} - R_2 (1 - \cos(t_2)) \overrightarrow{e_2} + R_3 \sin(t_3) \overrightarrow{u_3} - R_3 (1 - \cos(t_3)) \overrightarrow{e_3}; \quad (8)$$

$$-\alpha_1 \leq t_1 \leq \beta_1; -\alpha_2 \leq t_2 \leq \beta_2; -\alpha_3 \leq t_3 \leq \beta_3.$$

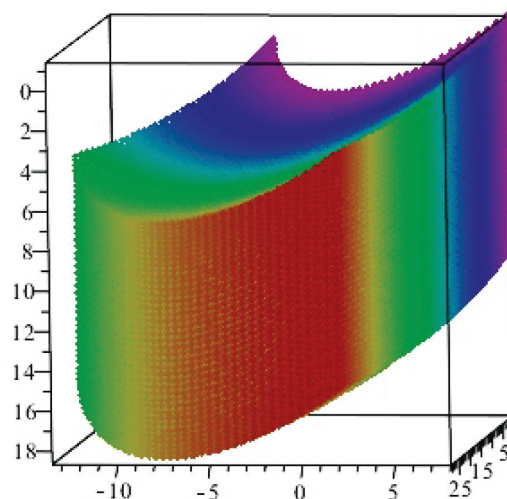


Рис. 4. Поверхность, ограничивающая область S_3

Уравнение пространственной области S_4

Пространственная область S_3 движется вдоль дуги M_4N_4 , образует область S_4 . Так как движение внутренних точек пространственной области S_3 не влияет на форму области S_4 , можно считать, что пространственная область S_4 получается движением всех граничных поверхностей области S_3 . По формуле (8) аналогично определим уравнение области S_4 .

Области $S_5, S_6, \dots, S_k$ получаются аналогично по формуле

$$\overline{OF}_n(t_1, t_2, \dots, t_n) = \overline{OA} + \sum_{i=1}^n (R_i \sin(t_i) \vec{u}_i - R_i (1 - \cos(t_i)) \vec{e}_i),$$

где $\Delta \vec{S} = \sum_{i=1}^n (R_i \sin(t_i) \vec{u}_i - R_i (1 - \cos(t_i)) \vec{e}_i)$ — это абсолютная область компенсации по сравнению с положением концов трассы.

Если количество свободных соединений и параллельных участков трассы не позволяет создать объёмную или двуизогнутую поверхность, то перемещать дугу или двуизогнутую поверхность можно в направлении прямой линии. Перемещая дугу, получим изогнутую поверхность; перемещая двуизогнутую поверхность, получим объёмную фигуру.

В качестве прямой линии надо использовать направление участков трубопровода, а именно концевые участки забойной трубы. В зависимости от положения дуги или двуизогнутой поверхности, а также направлений концевых участков забойной трубы определим необходимую величину припуска. Так же, как и для дуг, перемещаем область, полученную из дуги или дуг, вдоль отрезка прямой, т. е. припуска:

$$S_{n+1}(t_{n+1}) = S_n + t_{n+1} \cdot \vec{v},$$

где $\vec{v}$ — единичный вектор направления прямой; t_{n+1} — новый параметр от 0 до длины припуска.

Если за счёт поворотов в соединениях или поворотов и припусков получим область компенсации, перекрывающую фигуру параллелепипеда отклонений, то поставленная задача решена. Решение поставленной задачи не зависит от функционального назначения трубопроводов и систем. На основе данной задачи возможно построение области компенсационных возможностей трасс трубопроводов различных конфигураций. Результаты данного исследования могут использоваться во многих отраслях промышленности применительно к объектам, насыщенным трубопроводами.

Выводы

В ходе исследований компенсационных возможностей проектной трассировки трубопроводов:

- выполнено математическое описание компенсационных возможностей трасс трубопроводов различных конфигураций с учетом назначения необходимых припусков труб на определенных направлениях;
- созданы предпосылки для создания автоматизированной программы, которая позволит определить значения области компенсационных возможностей трасс трубопроводов;
- применительно к большому количеству трасс трубопроводов открывается возможность для замены забойных труб на пригоняемые трубы, гибка которых будет осуществляться по проектным размерам, без уточнения по месту, способствуя сокращению сроков строительства объектов, сложных технологических комплексов, насыщенных трубопроводами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахно К. Н. Научные основы повышения технологичности трубопроводов судовых систем на стадии проектирования: дис. ... д-ра техн. наук / К. Н. Сахно. — Астрахань, 2012. — 353 с.
2. Сахно К. Н. Актуальность использования компенсационных возможностей прямых труб при проектировании, изготовлении и монтаже трубопроводных систем / К. Н. Сахно, Нго Вьет Жа, Во Куанг Чунг //

Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — № 2. — С. 22–26.

3. Сахно К. Н. Преимущества использования взаимно параллельных участков трубопровода при проектировании труб, проходящих под зашивкой судовых помещений / К. Н. Сахно, Во Чунг Куанг // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2014. — № 2. — С. 99–104.

4. ОСТ 5.95057-90. Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов. — РТП НПО «Ритм». — 207 с.

5. РД 5Р.0005-93. Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Требования к проектированию, изготовлению и монтажу труб по эскизам и чертежам с координатами трасс трубопроводов. — СПб.: ЦНИИТС. — 82 с.

6. Andi Asmara. Pipe routing framework for detailed ship design / Andi Asmara. — The Netherlands: VSSD Delft, 2013. — 155 p.

7. Piping design handbook. — Hyundai engineering Co. Ltd, 2006. — 162 p.

8. Jerald J. Scheduling optimization of flexible manufacturing systems using particle swarm optimisation algorithm / J. Jerald, P. Asokan, G. Prabakaran, R. Saravanan // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2005. — Vol. 25. — Is. 9. — Pp. 964–971. DOI: 10.1007/s00170-003-1933-2.

9. Kim S.-H. The development of a practical pipe auto-routing system in a shipbuilding CAD environment using network optimization / S.-H. Kim, W.-S. Ruy, B. S. Jang // International journal of naval architecture and ocean engineering. — 2013. — Vol. 5. — Is. 3. — Pp. 468–477. DOI: 10.2478/IJNAOE-2013-0146.

10. Ando Y. An automatic piping algorithm including elbows and bends / Y. Ando, H. Kimura // International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS2011). Trieste, Italy, 20–22 September 2011. — 2011. — Vol. 3. — Pp. 153–158.

11. Fan X. Ship pipe routing design using the ACO with iterative pheromone updating / X. Fan, Y. Lin, Z. Ji // Journal of Ship Production. — 2007. — Vol. 23. — N. 1. — Pp. 36–45.

12. Shao X. Y. An expert system using rough sets theory for aided conceptual design of ship's engine room automation / X. Y. Shao, X. Z. Chu, H. B. Qiu, L. Gao, J. Yan // Expert Systems with Application. — 2009. — Vol. 36. — Is. 2. — Part 2. — Pp. 3223–3233. DOI: 10.1016/j.eswa.2008.01.011.

13. Fan X. Multi ant colony cooperative co-evolution for optimization of ship multi pipe parallel routing / X. Fan, Y. Lin, Z. Ji // Journal of Shanghai Jiaotong University. — 2009. — Vol. 43. — Is. 2. — Pp. 193–197.

14. Wu J. Optimal approach of ship branch pipe routing optimization base on co-evolutionary algorithm / J. Wu, Y. Lin, Z. S. Ji, X. N. Fan // Ship and ocean engineering. — 2008. — Vol. 37. — Is. 4. — Pp. 135–138.

REFERENCES

1. Sakhno, K. N. Nauchnye osnovy povysheniya tekhnologichnosti truboprovodov sudovykh sistem na stadii proektirovaniya. Dr. diss. Astrakhan', 2012.

2. Sakhno, Konstantin Nickolaevich, Ngo Viet Gia, and Vo Trung Quang. "Importance of using compensatory possibilities of straight pipes in design, manufacture and mounting of pipeline systems." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 2 (2015): 22–26.

3. Sakhno, Konstantin Nickolaevich, and Vo Trung Quang. "Advantages of using parallel sections of the pipeline in designing of pipes passing under the ship premises coverings." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 2 (2014): 99–104.

4. Russian Federation. OST 5.95057-90. Sistemy sudovyye i sistemy sudovykh energeticheskikh ustanovok. Tipovoy tekhnologicheskiy protsess izgotovleniya i montazha truboprovodov. RTP NPO «Ritm».

5. RD 5R.0005-93. Sistemy sudovyye i sistemy sudovykh energeticheskikh ustanovok. Trebovaniya k proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu trub po eskizam i chertezham s koordinatami trass truboprovodov. SPb.: TsNIITS.

6. Andi Asmara. *Pipe routing framework for detailed ship design*. The Netherlands: VSSD Delft, 2013.

7. *Piping design handbook*. Hyundai engineering Co. Ltd, 2006.

8. Jerald, J., P. Asokan, G. Prabakaran, and R. Saravanan. "Scheduling optimisation of flexible manufacturing systems using particle swarm optimisation algorithm." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 25.9 (2005): 964–971. DOI: 10.1007/s00170-003-1933-2.

9. Kim, Shin-Hyung, Won-Sun Ruy, and Beom Seon Jang. "The development of a practical pipe auto-routing system in a shipbuilding CAD environment using network optimization." *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering* 5.3 (2013): 468–477. DOI: 10.2478/IJNAOE-2013-0146.
10. Ando, Yuto, and Hajime Kimura. "An automatic piping algorithm including elbows and bends." *International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS2011). Trieste, Italy, 20-22 September 2011*. 2011. Vol. 3. 153–158.
11. Fan, Xiaoning, Yan Lin, and Zhuoshang Ji. "Ship pipe routing design using the ACO with iterative pheromone updating." *Journal of Ship Production* 23.1 (2007): 36–45.
12. Shao, Xin-Yu, Xue-Zheng Chu, Hao-Bo Qiu, Liang Gao, and Jun Yan. "An expert system using rough sets theory for aided conceptual design of ship's engine room automation." *Expert Systems with Applications* 36.2 (2009): 3223–3233. DOI: 10.1016/j.eswa.2008.01.011
13. Fan, X., Y. Lin, and Z. Ji. "Multi ant colony cooperative coevolution for optimization of ship multi pipe parallel routing." *Journal of Shanghai Jiaotong University* 43.2 (2009): 193–197.
14. Wu, Jun, Y. Lin, Z. S. Ji, and X. N. Fan. "Optimal approach of ship branch pipe routing optimization based on co-evolutionary algorithm." *Ship & Ocean Engineering* 37.4 (2008): 135–138.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нго Вьет Жа — аспирант
Научный руководитель:
Сахно Константин Николаевич
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет»
414056, Российская Федерация, Астрахань,
ул. Татищева 16
e-mail: ngogiaviet.ast@gmail.com
Сахно Константин Николаевич —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет»
414056, Российская Федерация, Астрахань,
ул. Татищева 16
e-mail: k.sakhno@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ngo Viet Gia — Postgraduate
Supervisor:
Sakhno Konstantin N.
Astrakhan State Technical University
16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056,
Russian Federation
e-mail: ngogiaviet.ast@gmail.com
Sakhno, Konstantin N. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Astrakhan State Technical University
16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056,
Russian Federation
e-mail: k.sakhno@mail.ru

Статья поступила в редакцию 9 января 2017 г.
Received: January 9, 2017.