

4. Sharifov, Z. Z. "Ways of Increase of corrosion resistance provider materials." *Journal of Metallurgy* 8.2 (2002): 7.
5. Sharifov, Z. Z. "Improvement of a corrosion stability of composite materials on the ferrum's base. International valium of scientific lab our." *Progressive Technology and Machine building systems* 19 (2002): Pp. 7.
6. Shirinov, T. I., R. K. Gusejnov, and Mosaad Mohammed. "Korrozionno-jelektrohimicheskoe povedenie termoobrabotannyh austenitnyh nerzhavejushhih stalej v razlichnyh kislotah." *AzTU, professor-müəllim heyətinin və aspirantların 54-jü elmi-texniki və tədris-metodiki konfransı, məruzə materialları, I hissə, Bakı-2009*. 2009: 313–314.
7. Sadawy, M. M., R. Q. Heseinov, and T. I. Shirinov. "Effect of Alloying Elements on the Corrosion and Electrochemical Behavior of Stainless Steel in Hydrochloric Acid solition." *Egyptian Second International Conference in chemistry (The 18th Egyptian Chemical Conference)*. Hurghada, Egypt, 2009: 12–20.
8. Sadawy, M. M., T. I. Shirinov, and R. Q. Heseinov. "The effect of heat treatment on the corrosion and electrochemical properties of ferric-austenitic stainless steel in sulfuric acid soluteon." *Trudy mezhdunarodnogo foruma «Nauka i inzhenernoe obrazovanie bez granic», Vol.1*. Alma-Aty: Kazahskij nacionalnyj tehniçeskij universitet imeni K.Iju.Satpaeva, 2009: 496–499.
9. Sharifov, Z. Z., R. K. Gusejnov, A. G. Nasibov, and V. M. Mamedov. Konstrukcionnaja stal. Russian Federation, assignee. Patent 2167954. 27 May 2001.
10. Bashirov, F. R. "Korrozionnoe povedenija svarnyh soedinenij iz stali RSD32 v kaspijskoj morskoy vode." *Vestnik MGU. Serija sudostroenie i sudoremont* 64 (2014): 5.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шарифов Захид Зиядхан оглы —
 доктор технических наук, профессор.
 Азербайджанская Государственная
 Морская Академия
science-asma@rambler.ru
Ханкишиев Исаг Абузар оглы — аспирант.
 Научный руководитель:
 Шарифов Захид Зиядхан оглы.
 Азербайджанская Государственная
 Морская Академия
isaq_x@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sharifov Zahid Ziyadkhan —
 Dr. of Technical sciences, professor.
 Azerbaijan State Marine Akademy
science-asma@rambler.ru
Khankishiev Isag Abuzar — postgraduate.
 Supervisor:
Sharifov Zahid Ziyadkhan.
 Azerbaijan State Marine Akademy
isaq_x@mail.ru

Статья поступила в редакцию 8 декабря 2015 г.

УДК 629.5.03: 632.151

**К. Н. Сахно,
 А. С. Дьяков,
 Ч. К. Во**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ
 ПО ПРОЕКТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
 ПРИВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ**

Рассматриваются проблемы изготовления и монтажа труб по проектной информации. Проведён анализ регламентированных, стандартных допусков на изготовление труб и определено их влияние на отклонение трасс трубопроводов при монтаже. Выявлены причины, способствующие отказу от технологии изготовления труб по проектной документации методом гибки. Дано обоснование применения заводами более затратной технологии изготовления труб из фасонных частей. Предложена новая технология установки приварных соединений на трубы, устраняющая причины отказа от технологии изготовления труб методом гибки. Поставлены задачи исследования компенсационных возможностей трасс трубопро-

водов с учетом особенностей их конфигурации. Приводится краткое описание разработанной компьютерной программы, являющейся инструментом методики выпуска проектной документации (карт-эскизов) на трубы, позволяющей применить новую технологию установки соединений.

Ключевые слова: изготовление труб, допуски, гибка, проектирование, угловые погрешности.

В НАСТОЯЩЕЕ время особую актуальность приобретают технологии, позволяющие обеспечить импортозамещение на максимально возможном уровне. Современные инжиниринговые центры в указанном направлении ориентированы в основном на использование зарубежных научно-технических решений и инновационных технологий. При этом большинство из них изначально основаны на достижениях Советского Союза в период 60 – 70-х гг. прошлого века, когда гибка труб стала осуществляться по картам-эскизам, без шаблонов, что дало возможность изготавливать трубы в задел. Предполагалось, и не без оснований, что это сократит сроки строительства заказов и даст возможность создания региональных центров по изготовлению труб для стабильной загрузки трубогибочного оборудования. В процессе внедрения, предприятия начали отказываться от глобального применения данной технологии из-за большого процента брака. При монтаже трассы наткнулись на смежные конструкции и не укладывались в выделенные коридоры [1]. Причины брака объясняли некачественным проектированием. В дальнейшем, с внедрением проектирования, использующего 3D-модели, оправдать брак неточностью проектирования стало невозможно, однако трубы, изготовленные в задел, продолжали при монтаже не помещаться в выделенный коридор [2], [3].

Рассмотрим причины такого положения дел.

Анализ регламентированных, стандартных допусков на изготовление труб и их влияние на отклонение трасс трубопроводов при монтаже

Существующая нормативная документация на изготовление труб по эскизам (в задел) регламентирует контроль двух параметров — это отклонение строительных размеров трубы и угол неперпендикулярности установки соединений относительно осей концевых участков. В процессе формирования конфигурации трубы на трубогибочном станке выполняется несколько операций — это продвижение до начала погиба, непосредственно погиб и разворот трубы для выполнения последующего погиба в нужной плоскости. Погрешности двух последних операций приводят к угловым отклонениям направлений прямых участков трубы, в том числе и концевых участков. Контроль этих отклонений существующими стандартами не регламентируется. Установка соединений с контролем перпендикулярности относительно осей концевых участков не уменьшает угловые отклонения, а только добавляет новые хаотичного направления. Контроль линейных размеров не выявляет эти угловые отклонения. Действие этих отклонений проявляется в процессе монтажа труб, когда трасса трубопровода отклоняется в непредсказуемых направлениях [4] – [6]. Допуски на отклонение конструктивных размеров труб регламентированы [7] и составляют ± 10 мм для труб диаметром меньше 100 мм и ± 15 мм для труб большего диаметра. Кроме допусков на конструктивные размеры трубы регламентируются допуски на неперпендикулярность установки соединений. Они регламентируются табл. 17 [8] в зависимости от диаметра труб, либо $0,5^\circ$ (европейский стандарт).

Рассмотрим, что может произойти при монтаже трассы, состоящей всего из двух труб, если трубы были изготовлены в соответствии с требованиями стандартов (рис. 1).

Трасса состоит из труб Ду65. Допуск на неперпендикулярность установки плоскости соединения с осью трубы 2/100, где 2 мм соответствует допуску для труб диаметром меньше 100 мм по табл. 17 [8], а 100 мм — это диаметр соединительной поверхности фланца Ду65. Линейные допуски на конструктивные размеры для труб Ду65 ± 10 мм [7]. В результате максимально допустимые отклонения трассы на конце первой трубы по оси Y составят: $10 + 2 / 100 \cdot 2000 = 50$ мм.

Это отклонение только этой трубы, однако второе соединение на первой трубе тоже может быть установлено не перпендикулярно в пределах допуска, что добавит отклонение второй трубе к ее 50 мм, еще $2 / 100 \cdot 2000 = 40$ мм. Итого общее отклонение трассы составит: $10 + 2 / 100 \cdot 2000 + 2 / 100 \cdot 2000 + 10 + 2 / 100 \cdot 2000 = 140$ мм. Если взять допустимый угол неперпендикулярности $0,5^\circ$ (европейский стандарт), то это даст на каждом фланце по $17,5$ мм: $\sin 0,5 \cdot 2000$. Всего $10 + 17,5 + 10 + 17,5 = 72,5$ мм.

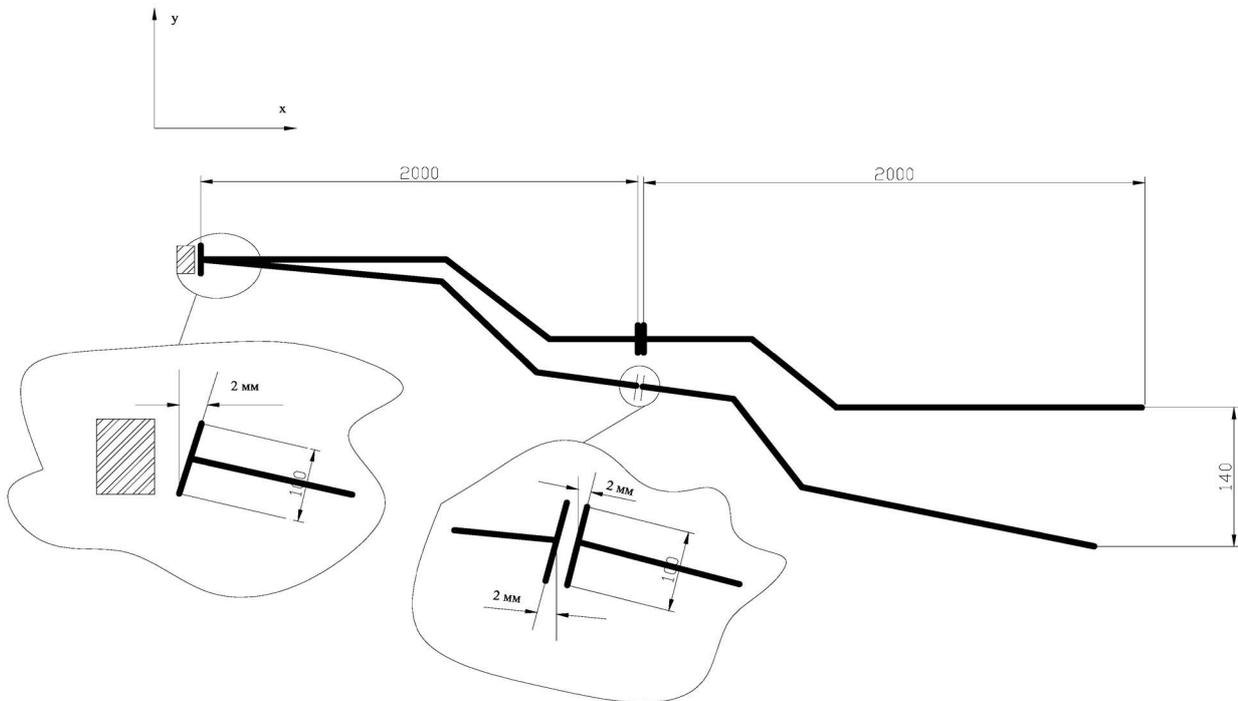


Рис. 1. Схема отклонений трассы после монтажа двух труб, изготовленных с разрешенными допусками

Конечно, это максимальный, а не практический вариант отклонений, однако в этой схеме не показаны угловые отклонения, образующиеся при гибке у прямых участков труб. При стандартных погрешностях выполнения операций погиба и разворота в $0,5^\circ$, два погиба и один разворот в каждой трубе дадут дополнительные отклонения такого же порядка. Трубы, изготовленные по чертежам с такими регламентированными допусками, не удастся смонтировать. Трасса не поместится в коридор, выделенный для нее в проекте.

Причины отказа от технологии изготовления труб по проектной документации методом гибки и обоснование применения заводами более затратной технологии изготовления труб из фасонных частей

Проведённый анализ показывает, что наибольшие отклонения образуются угловыми погрешностями [1]. В настоящее время в зарубежном судостроении широко применяется метод изготовления труб из фасонных частей. Технология, использующая для изготовления труб фасонные части, появилась в нашей стране в процессе выполнения зарубежных заказов. Технология формирования труб из фасонных частей — это более затратная технология. По сравнению с гибкой труб, на каждый изгиб трубы, кроме самой фасонной части, добавляется два сварных шва со своей дополнительной трудоёмкостью и сварочными материалами.

Однако технология формирования конфигурации труб из фасонных частей позволяет исключить угловые отклонения концевых участков и проконтролировать отсутствие этих отклонений довольно простыми измерениями [9]. Это преимущество определило применение данной технологии в проектах отечественных судов. При исключении угловых отклонений была устра-

нена главная проблема, стоявшая на пути возможности изготовления труб в задел, что привело к широкому внедрению изготовления труб с использованием фасонных частей. Для изготовления фасонных частей не нужно знать конфигурацию конкретных труб, поэтому они стали поставляемыми изделиями, и их можно покупать (в основном за рубежом). Так поступали в ОАО «Астраханское Судостроительное Производственное Объединение» (АСПО) при строительстве ледостойкой стационарной платформы проекта ЛСП-1, хотя предприятие располагает обширным парком трубогибочных станков.

Возможность исключения угловых отклонений явилось главным фактором внедрения более затратной технологии изготовления, что сохранило технологию изготовления труб в задел. Если решить задачу учета и компенсации угловых отклонений, возникающих при гибке труб, то необходимость применения более затратной технологии изготовления труб из фасонных частей теряет смысл. Трубы можно будет изготавливать в задел, что также увеличит равномерную загрузку не только трубогибочных станков, но и всего парка оборудования трубопроводного производства.

Технология установки приварных соединений на трубы, устраняющая причины отказа от изготовления труб методом гибки

В результате проведенных на рубеже XX – XXI вв. исследований предлагается технология изготовления труб, использующая трубогибочные станки, исключая влияние угловых погрешностей трубы на отклонения, возникающие в процессе монтажа трасс трубопроводов [1], [4] – [6], [10]. Технология основана на анализе конфигурации трубы и данных по погрешностям выполнения отдельных операций оборудованием для изготовления трубы — это резка, гибка, продвижение, разворот в плоскости. В технологии используется изобретение, касающееся установки соединений. Проводится анализ конфигурации трубы на предмет возможных отклонений, которые могут возникнуть в процессе ее изготовления, и предлагаются варианты установки соединений по новой технологии, при выборе одного из которых будут компенсированы отклонения в двух координатных направлениях [11].

Труба, изготовленная по этой технологии, при монтаже в трассу трубопровода не даст никаких угловых отклонений. Кроме этого, конструктивные размеры трубы будут иметь отклонение только в одном координатном направлении. У 86 % труб это направление можно выбирать в процессе трассировки трубопровода из предлагаемых вариантов. У 68 % труб — это два варианта, у 18 % — все три направления координат. Выбирая направление из предложенных вариантов, можно исключить линейные отклонения трассы в нежелательных направлениях. У оставшихся 14 % труб определяется то единственное направление отклонения, за счет которого отклонения в направлении двух других осей координат также будут компенсированы [1], [10] – [12].

Краткое описание разработанной компьютерной программы, являющейся инструментом методики выпуска проектной документации (карт-эскизов) на трубы, позволяющей применить новую технологию установки соединений

Для использования предлагаемой технологии разработана компьютерная программа (рис. 2), использующая в расчетах данные по конфигурации трубы, заданные в координатных осях (точки перегиба), а также данные по погрешностям выполнения отдельных операций оборудованием для изготовления труб: резка, гибка, продвижение, разворот в плоскости. Эта программа и осуществляет весь анализ конфигурации трубы и возможные варианты установки соединений.

В предлагаемой технологии производства трубопроводов, направленной на увеличение объема труб, изготавливаемых в задел по проектной документации, необходимо участие проектной организации. Проектант выбирает подходящий, для безопасного отклонения трассы, вариант и записывает его в документ на изготовление трубы (чертеж или эскиз трубы).

На рис. 2 приведена последняя, выходная форма программы — результаты анализа конфигурации и размеров трубы на предмет ее компенсационных возможностей для компенсации отклонений образующихся после операции гибки трубы.

Файл Настройки О программе

Выбор чертежа/трубы

Обозначение чертежа: 362548.23.002 Обозначение трубы: З/В4А

Добавить Переименовать Удалить Добавить Переименовать Удалить

Текущая труба

Количество прямых участков: 5
 Дата создания: 27.01.2014 14:01:51
 Дата изменения: 27.01.2014 14:04:33
 Текущий радиус: 63,6900551499

Координаты и отклонения

<i>После гибки:</i>	<i>Экстремумы перемещения конца трубы, до совпадения с осью координат:</i>	<i>Экстремумы перемещения конца трубы, при сборке:</i>
$x=9,09$	$x=51$	$x=-43,9$
$y=6,57$	$y=25,06$	$y=-5,52$
$z=-21,23$	$z=63,72$	$z=-52,34$

Радиус: 63,69 Затрачено на вычисления : 0,2 сек.

Сохранить отчет Считать

Рис. 2. Главная форма, после расчетов

Проектант должен выбирать для компенсации ту ось координат, отклонение по которой при монтаже трубы отклонит трассу в безопасном направлении. Для осуществления этого выбора в выходной форме приводятся три раздела. В разделе «*После гибки*» показаны максимальные отклонения, которые могут возникнуть после гибки заготовки. В разделе «*Экстремумы перемещения конца трубы, до совпадения с осью координат*» показана величина перемещения второго конца трубы, относительно первого до совпадения с каждой осью координат. В разделе «*Экстремумы перемещения конца трубы, при сборке*» показаны максимально допустимые величины перемещения соединения вдоль каждой оси координат до совмещения с трубой, после того как конец трубы был совмещён с этой осью.

После выбора направления компенсации в чертеж данной трубы вносится указание о перемещении конца трубы, при установке соединений именно до совпадения с выбранной осью координат, и величина перемещения соединения, указанная в форме расчета у этой оси. Данная величина является единственным допуском конструктивных размеров трубы. Никакие другие вычисления программы в чертеже не нужны и не вносятся. Яркий или приглушённый тон изображения результатов расчётов подсказывает, какие из осей координат могут быть использованы в качестве компенсационных. У приведенной в примере трубы любая ось координат может быть использована в качестве компенсационной. В расчете в качестве примера приведена реальная труба проекта 4550, построенного на ОАО «Судостроительный завод «Красные Баррикады».

Выводы

Изготовленные по таким чертежам и предлагаемой технологии трубы будут иметь отклонения своих конструктивных размеров только в одном координатном направлении, выбранном проектантом с учетом условий размещения трассы трубопровода, которому принадлежат трубы.

С помощью данной технологии проектант может выпустить такую документацию на изготовление труб, по которой можно изготовить трубы, не дающие никаких отклонений трассы. Отклонения трассы будут возникать только от неточности установки приварного насыщения и оборудования.

На основе данной технологии была создана программа повышения квалификации инженерных кадров «Современные методы проектирования и производства трубопроводов сложных технологических комплексов», которая выиграла конкурс, объявленный Указом Президента РФ. В соответствии с этой программой в III квартале 2013 г. было проведено повышение квалификации инженерных работников судостроительных и проектных организаций в составе 15 человек.

Данная технология может использоваться при создании сложных технологических комплексов: современных морских и речных судов, нефтегазоперерабатывающих сооружений, буровых платформ, любых объектов, в составе которых есть не прямые трубы.

Применение данной технологии изготовления труб открывает возможности решения многих современных проблем:

- импортозамещение (исключение приобретения фасонных частей, необходимых для изготовления труб);
- подготовка высококлассных специалистов на основе отечественной научной и инженерной мысли;
- изготовление труб по проектной документации без уточнения размеров «по месту»;
- сокращение сроков строительства объектов за счёт увеличения изготовления труб «в задел»;
- повышение конкурентоспособности за счёт снижения сроков выполнения заказов;
- увеличение загрузки существующего оборудования для изготовления труб;
- создание и развитие региональных центров изготовления труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахно К. Н. Современные методы проектирования, изготовления и монтажа трубопроводов судовых систем / К. Н. Сахно, А. С. Дьяков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2014. — № 1. — С. 26–32.
2. Соколов О. Г. Применение информационных технологий при создании судостроительной продукции / О. Г. Соколов, А. М. Плотников, Г. В. Багаев [и др.] // Судостроение. — 2004. — № 5. — С. 78–83.
3. Ганов Э. В. Применение ЭВМ для выполнения чертежей и подготовки производства изготовления судовых трубопроводов / Э. В. Ганов, И. А. Смирнова // Судостроение. — 2003. — № 5. — С. 51–52.
4. Дойхен К. М. Патент № 2126760 РФ. Способ изготовления магистральной трубы по аналитической информации. [Электронный ресурс] / К. М. Дойхен, Л. Б. Чмутов. — Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/25-29/2126760.html> (дата обращения: 03.11.2015).
5. Сахно К. Н. Патент № 2473832 РФ. Способ компенсации отклонений при монтаже трубопроводных систем. [Электронный ресурс] / К. Н. Сахно. — Режим доступа: <http://ru-patent.info/24/73/2473832.html> (дата обращения: 03.11.2015).
6. Горелик Б. А. Бессварной гибкий и равнопрочный трубопровод / Б. А. Горелик. — СПб.: Морской регистр, 2006. — 138 с.
7. ОСТ 5.95057-90. Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов. — РТП НПО «Ритм». — 207 с.
8. 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.
9. McAllister E. W. Pipeline Rules of Thumb Handbook: A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Pipeline Engineering Problem / E. W. McAllister. — Burlington, Ma: Gulf professional publ., 2009. — 747 p.

10. Сахно К. Н. Разработка технологий изготовления и монтажа судовых трубопроводов и их экономическое обоснование / К. Н. Сахно // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2011. — № 3. — С. 22–29.

11. Сахно К. Н. Научные основы проектирования трасс судовых трубопроводных систем / К. Н. Сахно // Судостроение. — 2009. — № 6. — С. 60–62.

12. Боровков В. М. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов промышленных предприятий: учеб. пособие / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. — 224 с.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PIPELINES PROJECT INFORMATION USING A WELDED PIPE JOINTS

There are problems of manufacture and installation of pipes for project information. The authors analyzed the regulated and standard of tolerances for the manufacture of tubes and their impact on the deviation of pipelines during installation. They further identified reasons contributing to the rejection of pipes manufactured according to the design documentation by bending. Given the rationale, there are more costs involved in the use of factories technologies for the manufacture of pipes from fittings. The new technology of the installation of welded connections on pipes helps to eliminate the causes of refusal from the production technology of pipe bending. The objective of the study is the compensatory abilities of pipelines taking into account features of their configuration. A brief description of the developed computer program, which tool methods were release on project documentation (maps, sketches) for pipes, allowing you to apply a new technology to establish connections.

Keywords: manufacture of tubes, tolerances, flexible, projecting, angular errors.

REFERENCES

1. Sakhno, K. N., and A. S. Diyakov. "Modern methods of designing, manufacturing and mounting of marine system pipelines." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 1 (2014): 26–32.

2. Sokolov, O. G., A. M. Plotnikov, G. V. Bagaev, V. A. Rogozin, and V. I. Kupershtein. "Use of information technologies during creation of shipbuilding products." *Sudostroenie* 5 (2004): 78–83.

3. Ganov, E. V. and I. A. Smirnova. "Application of PC for developing drawings and preproduction in manufacture of shipboard pipelines." *Sudostroenie* 5 (2003): 51–52.

4. Doykhen, K. M., and L. B. Chmutov. Sposob izgotovleniya magistralnoy trubyy po analiticheskoy informatsii. Russian Federation, assignee. Patent 2126760.

5. Sakhno, K. N. Sposob kompensatsii otkloneniy pri montazhe truboprovodnykh system. Russian Federation, assignee. Patent 2473832.

6. Gorelik, B. A. *Bessvarnoy gibkiy i ravnoprochnyy truboprovod*. SPb.: Morskoy registr, 2006.

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

8. Russian Federation. RD 5P.0005-93. Sistemy sudovyye i sistemy sudovykh energeticheskikh ustanovok. Trebovaniya k proyektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu trub po eskizam i chertezham s koordinatami trass truboprovodov. SPb.: TSNIITS.

9. McAllister, E. W. *Pipeline Rules of Thumb Handbook: A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Pipeline Engineering Problem*. Burlington, Ma: Gulf professional publ., 2009.

10. Sakhno, K. N. "Development of ship pipeline mounting and manufacturing technologies and their economical substantiation." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 3 (2011): 22–29.

11. Sakhno, K. N. "Scientific foundations of marine pipeline systems designing." *Sudostroenie* 6 (2009): 60–63.

12. Borovkov, V. M., A. A. Kalyutik, and V. V. Sergeev. *Izgotovleniye i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov promyshlennykh predpriyatiy: ucheb. pos.* SPb.: Izdatelstvo Politekhn. universiteta, 2008.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сахно Константин Николаевич —
Доктор технических наук, Профессор.
Астраханский государственный
технический университет
k.sakhno@mail.ru
Дьяков Артем Сергеевич — аспирант.
Научный руководитель:
Сахно Константин Николаевич.
Астраханский государственный
технический университет
gereac@mail.ru
Во Чунг Куанг — аспирант.
Научный руководитель:
Сахно Константин Николаевич.
Астраханский государственный технический
университет
votrungquang@yahoo.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sakhno Konstantin Nikolaevich —
Dr. of Technical Science, professor.
Astrakhan State Technical University
k.sakhno@mail.ru
Dyakov Artem Sergeevich — postgraduate.
Supervisor:
Sakhno Konstantin Nikolaevich.
Astrakhan State Technical University
gereac@mail.ru
Vo Trung Quang — postgraduate.
Supervisor:
Sakhno Konstantin Nikolaevich.
Astrakhan State Technical University
votrungquang@yahoo.com

Статья поступила в редакцию 3 октября 2015 г.