

Научная статья  
УДК 629.5.06.001.2:621.643  
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-1-14-21>

## Повышение эффективности изготовления трубопроводов судовых систем по проектной информации

Во Чунг Куанг<sup>1</sup>✉, Константин Николаевич Сахно<sup>2</sup>, Нгуен Тхи Сен<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Каспийский институт морского и речного транспорта им. генерал-адмирала Федора Матвеевича Апраксина, филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Астрахань, Россия, [votrungquang@gmail.com](mailto:votrungquang@gmail.com)✉

<sup>2,3</sup> Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

**Аннотация.** Рассматривается способ изготовления трубопроводов судовых систем по чертежам, независимо от готовности строящегося объекта. Отмечена эффективность способа, обусловленная сокращением сроков строительства судна и отсутствием дополнительных работ, кроме проектных. Проанализированы причины, ограничившие применение способа изготовления по проектной информации, независимо от готовности строящегося объекта. Проведено исследование, направленное на устранение причин, ограничивших применение способа изготовления труб по проектной информации. Представлен научный подход к определению величин зазоров, достаточных для монтажа трубопроводов, трубы которых изготавливаются по проектным размерам. Анализируются величины допусков, причины их назначения и предлагаются действия по их уменьшению или устранению. Приводятся расчеты величин зазоров, достаточных для того, чтобы конкретная рассматриваемая трасса поместилась в отведенный для ее размещения коридор. Анализ отклонений трассы при монтаже судовых трубопроводных систем на стадии проектирования дает возможность уменьшения величин назначаемых зазоров, допуская изготовление труб в задел. Разработана расчетная и методическая база, применяемая при проектировании трасс трубопроводов судовых систем. Создано программное обеспечение AST-SUDOTRUB для вычисления отклонений трубопроводов под влиянием погрешностей изготовления труб. Данная программа позволяет автоматизированно проверять достаточность контролируемых зазоров в конкретном месте трассы, исследуя отклонение трубы, в районе которой назначен зазор. Результаты исследований подтверждают необходимость проведения расчетов с указанием начала монтажа трасс и предоставляют проектанту инструмент по рациональному назначению зазоров.

**Ключевые слова:** трубопроводы судовых систем, проектирование трубопроводов, монтаж трубопроводов судовых систем, технологический процесс изготовления труб, судовые системы, изготовление трубопроводов, величины допусков, зазор, отклонения трассы трубопровода

**Для цитирования:** Во Чунг Куанг, Сахно К. Н., Нгуен Тхи Сен. Повышение эффективности изготовления трубопроводов судовых систем по проектной информации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. № 1. С. 14–21. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-1-14-21>.

Original article

## Improving efficiency of manufacturing pipelines of ship systems based on design information

Vo Trung Quang<sup>1</sup>✉, Konstantin N. Sakhno<sup>2</sup>, Nguyen Thi Sen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Caspian Institute of Sea and River Transport after General-Admiral F. M. Apraksin, branch of Volga State University of Water Transport, Astrakhan, Russia, [votrungquang@gmail.com](mailto:votrungquang@gmail.com)✉

<sup>2,3</sup> Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

**Abstract.** The article highlights the method of the ship systems pipelines manufacturing according to the drawings, regardless of the readiness of the object under construction. There has been emphasized the effectiveness of the method, which resulted in the reduced construction time of the vessel without additional operations, except for design work. The study aimed to eliminate the reasons limiting the application of the manufacturing method based on the design information, regardless of the readiness of the object under construction has been carried out. A scientific approach to determining the clearances sufficient for mounting pipelines, where the pipes are manufactured according to

design dimensions, is presented. The sizes of tolerances and the reasons for setting them are analyzed and the measures on reducing or eliminating them are proposed. There is given the estimation of gaps big enough to fit any pipeline canal under consideration into the allocated corridors. The analysis of route deviations under mounting the ship pipeline systems at the design stage makes it possible to reduce the assigned clearances and to manufacture the pipes into the reserve later. The calculation and methodological base used in the design of pipeline routes for ship systems has been developed. The software AST-SUDOTRUB was developed to calculate the pipeline deviations that occur due to the errors in pipe manufacturing. The software automatically checks the sufficiency of controlled gaps in a particular point of the route studying the pipe deviation in the gap area. The study results prove the need to indicate the date of the start of routing in calculations and give the designer a tool for rational assigning the gaps.

**Keywords:** ship system pipelines, pipeline design, assembling the ship system pipelines, pipeline manufacturing process, ship systems, pipeline manufacturing, tolerance values, clearance, route deviations

**For citation:** Vo Trung Quang, Sakhno K. N., Nguyen Thi Sen. Improving efficiency of manufacturing pipelines of ship systems based on design information. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2022;1:14-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-1-14-21>.

## Введение

Традиционная технология изготовления труб включает операции изготовления шаблонов, макетов труб и их пригонку по месту в судовых помещениях после формирования корпусных конструкций и монтажа механического оборудования. Удельные значения этих операций достигают 40–50 % трудоемкости изготовления труб. Трубы судовых систем энергетических установок следует проектировать так, чтобы их можно было изготавливать окончательно в цехе без шаблонов, макетов или пригонки на судне. В настоящее время это наиболее перспективное направление повышения эффективности изготовления трубопроводов судовых систем [1, 2].

Изготовление труб по проектной документации, независимо от готовности строящегося объекта, – это эффективный способ сокращения сроков строительства судна, не требующий дополнительных работ, кроме проектных.

Одной из главных проблем при проектировании сложных технологических комплексов, насыщенных системами трубопроводов, является обеспечение достоверности проектной информации.

В современной развивающейся эпохе информационных технологий применение виртуальных систем моделирования, 3D-моделирования, программного обеспечения и средств оптимизации в области проектирования и производстве становится все более популярным. Вопрос проектирования трассировки трубопроводов судовых систем без касания и пересечения между трассами или с соседними конструкциями практически решен. Проблема заключается в том, что трубы, изготавливаемые по проектной документации, будут иметь стандартизованные допуски размеров. Однако ни в одной программе трассировки нет блока учета этих допусков. В результате необходимые проектные зазоры между трассами или с соседними конструкциями не контролируются. Контролируются только минусовые зазоры (пересечения, касания). Это не позволяет провести монтаж трассы – трубы, изготовленные по проектным разме-

рам в пределах стандартных отклонений, при монтаже выходят за пределы зазоров, предусмотренных проектом. Сложившееся положение дел привело к тому, что предприятия отказываются от изготовления труб по проектным чертежам и уточняют размеры «по месту», хотя вся документация передается в электронном виде. При этом заводские работники не могут предъявить претензий.

## Причины, ограничивающие применение способа изготовления по проектной информации

Особое влияние на отклонение трассы трубопровода оказывают угловые отклонения концевых участков трубы, обязательно возникающие в процессе гибки трубы. При регламенте стандартов только угловых отклонений плоскости соединительной поверхности соединения относительно оси концевой участка трубы не учитываются угловые отклонения самих участков трубы, к которым примыкают соединения. Таким образом, отклонение установки соединения накладывается на неконтролируемое угловое отклонение участка трубы.

Положению, при котором труба не поместилась в отведенном пространстве (коридоре), способствуют следующие причины:

- ошибка проектанта при трассировке;
- отклонения при установке приварного насыщения;
- отклонения оборудования, являющегося жесткими соединениями трассы трубопровода, и отклонения смежных конструкций;
- допуски размеров на изготовление труб.

Первая причина практически устраняется автоматизированным процессом формирования 3D-модели судна. Вторая и третья причины вызывают отклонения трассы на порядок ниже, чем вызываемые четвертой причиной, и устраняются забойной трубой.

Исследователями анализируются величины допусков, причины их назначения и предлагаются действия по их уменьшению или устранению. Приводятся расчеты величин зазоров, достаточных для того, чтобы конкретная рассматриваемая трасса поместилась в отведенный для ее размещения коридор.

Необходимость в определении расчетных величин зазоров связана с тем, что проектант не может обеспечить даже требуемые РД [3] минимальные зазоры, хотя для изготовления труб по проектной документации требуются еще большие величины зазоров, такие как в первой редакции ОСТ 5.0005-70, а завод не применяет технологию установки соединений на трубы с использованием сборочного стенда.

Рассмотрим, какие положения РД 5Р.0005-93 [3] – последней редакции ОСТ 5.0005-70 [4] повлияли на снижение изготовления труб по проектной информации «в задел» до 20 %.

Минимальные зазоры от трубопроводов, необходимые для исключения касания труб за счет погрешностей изготовления и монтажа, в пункте 1.1.22 ОСТ 5.0005-70 имеют следующие величины: «50 мм – между трубами и корпусными конструкциями; 50 мм – между трассами труб диаметром до 70 мм; 70 мм – между трассами труб диаметром свыше 70 мм; 100 мм – между трубами, электрокабелем и вентиляцией» [4]. В действующей редакции РД 5Р.0005-93 эти зазоры необоснованно уменьшены и составляют «30 мм – между трубами и корпусными конструкциями и 40 мм – между трассами трубопроводов» (пункт 3.2.9 РД 5Р.0005-93 [3]).

Вышеприведенное послабление привело к тому, что часть труб, изготовленных по проектной документации, не помещается в отведенный проектантом коридор. Допуски на изготовление труб в [4] и в последней редакции РД 5Р.0005-93 ( $\pm 10-15$  мм) дают отклонения трубы при монтаже из готовых труб больше, чем 30 и 40 мм. При таких допусках отклонение трассы, состоящей всего из 3–4 труб, превысит регламентируемые зазоры.

Контроль угла неперпендикулярности установки соединения относительно оси трубы распространяется на все трубы (пункт 6.2.20 РД 5Р.0005-93): «Отклонения плоскостей фланцев относительно оси трубы при контроле по угольнику не должны превышать  $\pm 0,5$  мм на диаметр уплотнительной поверхности» [3].

В ОСТ 5.0005-70 контроль по угольнику допускается только для труб, у которых соединения расположены не перпендикулярно или не параллельно друг другу. Соединения на остальные трубы должны устанавливаться на сборочном стенде, предлагаемом в [4]. Если плоскости соединений трубы параллельны друг другу или взаимно перпендикулярны, то их положение необходимо контролировать непосредственно плоскостями стенда, имитирующими соответствующие плоскости координат. Отклонение плоскости фланца от плоскости плиты стенда составляет  $\pm 0,5$  мм на диаметр приварочной плоскости фланца или кольца (у свободного фланца). Более того, в пункте 4.1.18 ОСТ 5.0005-70 дано примечание, в котором запрещается установка труб по угольнику для труб унифицированной

формы, т. е. для труб, у которых соединения расположены параллельно или перпендикулярно друг другу. В РД 5Р.0005-93 есть пункт 4.10 с требованием, чтобы соблюдалось параллельное и перпендикулярное взаимное положение соединений трубы: «При разделении трасс трубопроводов на трубы необходимо соблюдать следующие условия: ...обеспечивать параллельность и перпендикулярность концевых участков» [3, с. 21].

Подобная технология установки соединений с использованием сборочного стенда компенсирует угловые отклонения концевых участков трубы, возникающие в процессе гибки.

Введение пункта 6.2.20 в РД 5Р.0005-93 привело к тому, что трассы стали отклоняться на большие величины, чем предполагалось в ОСТ 5.0005-70.

Рассмотрим влияние угловых отклонений на смещение трассы трубопровода, монтируемого из труб, изготовленных по проектной информации.

Нормативная документация на изготовление труб по эскизам (в задел) регламентирует контроль следующих параметров – это отклонение строительных размеров трубы и угол неперпендикулярности установки соединений относительно осей концевых участков [3, 5].

В процессе гибки трубы на трубогибочном станке выполняются следующие операции: продвижение до начала погиба, непосредственно погиб и разворот трубы для выполнения последующего погиба. Погрешности двух последних операций приводят к угловым отклонениям направлений прямых участков трубы. Контроль этих отклонений не регламентируется.

Контроль габаритных размеров трубы не выявляет эти угловые отклонения. Они проявляются в процессе монтажа труб, когда трасса трубопровода отклоняется в непредсказуемых направлениях. Трубы не удастся смонтировать. Трасса не помещается в коридор, выделенный для нее в проекте.

Отклонения выявляются только в процессе монтажа трубопровода и приводят к смещению трассы трубопровода из выделенного для ее прокладки коридора. Часть труб трассы бракуется. Потребуется их переделка или изготовление новых труб. Трубы больших диаметров из цветных металлов с соединениями из такого же металла, прошедшие сложную технологию химической обработки и покрытий, в том числе изоляцию, имеют значительную стоимость, что становится причиной отказа от изготовления труб по проектной документации.

Если вернуться к выполнению требований ОСТ 5.0005-70, то можно использовать технологию изготовления труб в задел в довольно большом объеме – до 60 % труб. Проблема состоит в том, что при современной насыщенности судов проектант не может обеспечить требования, изложенные в ОСТ 5.0005-70, поэтому изготовление труб по

проектной информации проводят только в малонасыщенных помещениях, где можно обеспечить необходимые зазоры. В расчете на все судно это приводит к 20÷30 % труб, изготавливаемых по проектной информации.

Приведенные в ОСТ 5.0005-70 зазоры основаны на допусках геометрических размеров трубы  $\pm 10$  и  $\pm 15$  мм также, как и в пункте 6.2.18. РД 5Р.0005-93. Такие допуски обусловлены тем, что конфигурация трубы формируется на трубогибочном станке по проектной информации и отклонения складываются из погрешностей выполнения операций на этих станках (продвижение, гибка, разворот).

Таким образом, чтобы уменьшить зазоры, необходимо уменьшить отклонения трубопроводов при их монтаже из готовых труб.

Один из способов уменьшения отклонений, получивший распространение в настоящее время, – это формирование необходимой конфигурации трубы из отдельных элементов: прямых отрезков и фасонных частей (рис. 1), т. е. самих погибов. Основная причина применения такого, более дорогого и трудоемкого способа, – это устранение угловых отклонений концевых участков трубы и уменьшение за счет этого допусков на геометрические размеры трубы [6–8].



Рис. 1. Формирование конфигурации трубы из отдельных элементов

Fig. 1. Configuring the pipe from separated elements

Дополнительные преимущества вышеуказанного способа:

– не требуются дорогостоящие станки на каждом предприятии – фасонные части можно закупить на предприятии, имеющем станки;

– ритмичная нагрузка трубогибочных станков, т. к. изготовление фасонных частей не требует проектной информации для их изготовления.

Применение рассматриваемого способа формирования конфигурации трубы позволило увеличить процент изготовления труб по проектной документации до 60 %.

Недостатками способа являются увеличение трудоемкости изготовления труб и повышение их стоимости за счет дополнительных сварочных работ и материалов для их выполнения. Трудоемкость повышается за счет увеличения количества операций «резки заготовок» по одной на каждый погиб и дополнительных сварных швов – по два шва на каждый погиб трубы. Дополнительные швы, кроме удорожания, приводят к снижению сроков эксплуатации трубопроводных систем [9, 10].

Для исправления ситуации, когда предприятия отказываются применять технологию получения проектной конфигурации трубы с помощью трубогибочного оборудования, необходимо:

– провести анализ отклонений, контролируемых при изготовлении труб по чертежам;

– определить причины возникновения отклонений геометрических размеров, возникающих в процессе изготовления труб, и их величины;

– сравнить полученные величины отклонений со стандартными;

– найти способы полной компенсации или хотя бы снижения величин отклонений, возникающих в процессе изготовления труб;

– разработать методику, дополняющую трассировку трубопроводов и позволяющую учитывать влияние отклонений, возникающих при изготовлении труб, на смещение трассы в процессе монтажа трубопровода;

– внести соответствующие изменения в стандарты, касающиеся проектирования трубопроводов и изготовления труб.

### Разработка расчетной и методической базы при проектировании трасс трубопроводов судовых систем

Согласно результатам проведенных исследований разработана методика учета отклонений трасс трубопроводов, ее основные положения:

1. Назначение допусков габаритных размеров трубы на основе определения ее компенсационных возможностей;
2. Определение последовательности монтажа и формирование состава трассы;
3. Составление размерных цепей отклонений трассы;
4. Определение отклонений трассы для кон-

троля достаточности зазоров с соседними конструкциями.

Применяя разработанную методику при трассировке трубопроводов, можно определить допускаемые отклонения трасс трубопроводов с учетом допусков на трубы и контролировать достаточность назначаемых в процессе трассировки зазоров для монтажа трассы из труб, изготовленных по проектной информации.

Для реализации положений методики в промышленности и вычисления погрешностей изготовления труб создано интегрированное программное обеспечение AST-SUDOTRUB (рис. 2).

№ п/п	Обозначение трассы	Составляющие трассу трубы	Трасса начинается с отрезка	Расчетные отклонения координатных размеров трассы с учетом обеспечения точности изготовления труб с соединениями(±мм)			Назначаемый зазор трассы по направлению (±мм)			Замечания	
				OX	OY	OZ	OX	OY	OZ		
11	Трасса №19	1)721Т-955-01-Поз.1	Трасса №17 3)-721Т-827.	3	17.51	7.78	40	40	40	Обеспечивается изготовление труб трассы заранее в задел.	
12	Трасса №2	1	721Т-226-02-Поз.3	-	7.26	15.32	-	10	15	30	Зазор недостаточный
		2	721Т-226-02-Поз.2								
		3	721Т-226-02-Поз.1								
		4	721Т-848-01-Поз.1								
		5	721Т-828-01-Поз.1								
		6	721Т-828-01-Поз.2								
		7	721Т-828-01-Поз.3								
		8	721Т-828-01-Поз.4								
Инvertировать порядок											

Рис. 2. Программа AST-SUDOTRUB

Fig. 2. AST-SUDOTRUB software

В спроектированной трассе необходимо проверить величину назначенного зазора трассы от соседних конструкций или трасс. В качестве примера проведем анализ трассы, состоящей из шести труб. Порядок действий представлен на рис. 3.

Как можно заметить, трасса ограничивается в трех местах. Все зазоры ограничивают отклонения трассы в вертикальном направлении.

Все величины зазоров увеличиваются по мере удаления от начала монтажа (45, 50, 65 мм). Если третий зазор (65 мм) был бы меньше предыдущих (например, 40 мм), то достаточно было бы проверить отклонение трассы в районе трубы № 6. При положительном ответе проверять отклонение трассы в районе других зазоров не имеет смысла – они будут меньше.

В нашем примере второй зазор больше первого (50 > 45 мм), третий зазор больше первого и второго (65 > 50 > 45 мм). При таком расположении зазоров

необходимо проверять достаточность каждого зазора в районе его расположения. Для этого подведем курсор к трубе № 2. Расчет подтверждает отклонение в 40 мм, т. е. меньше, чем назначенный зазор (45 мм). Этот зазор достаточен – положительный ответ.

При наведении курсора к трубе № 4 расчет показывает 52 мм, т. е. больше, чем назначенный зазор (50 мм). Этот зазор недостаточен – отрицательный ответ.

При наведении курсора к трубе № 6 расчет показывает 57 мм, т. е. меньше, чем назначенный зазор (65 мм). Этот зазор достаточен – положительный ответ.

В данном примере назначенные зазоры увеличиваются, удаляясь от начала монтажа (40→50→65 мм). Последний зазор оказался достаточным. Однако второй зазор, хотя и больше первого (50 > 45 мм), оказался недостаточным.

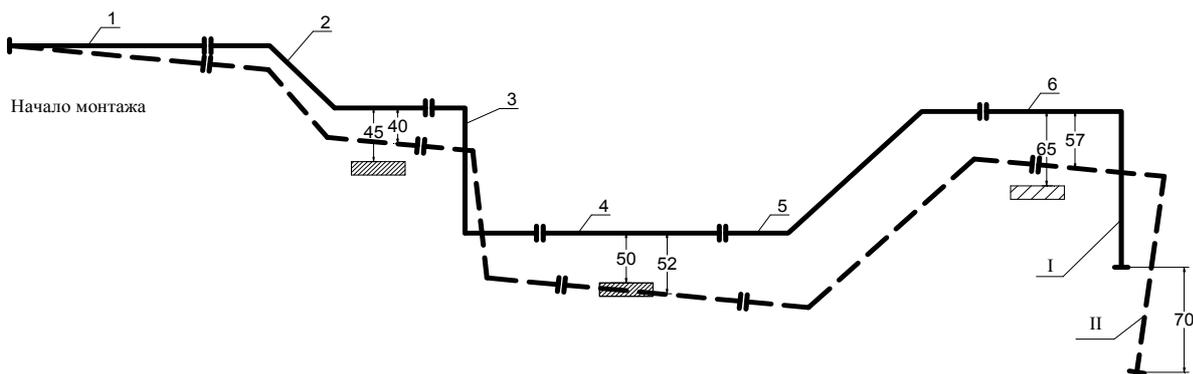


Рис. 3. Сравнение полученных отклонений с назначенными при трассировке зазорами: 1–6 – трубы; I – теоретическое положение трассы; II – расчетное положение трассы с учетом возможных отклонений

Fig. 3. Comparison of the obtained deviations with the clearances set in the routing process: 1–6 - pipes; I - design position of the route; II - calculated position of the route subject to possible deviations

Пример доказывает, что в ситуации, когда следующие зазоры больше предыдущих, необходимо проверять каждый зазор трассы. Работа программы позволяет автоматизированно проверять достаточность контролируемых зазоров в конкретном месте трассы, отмечая отклонение трубы, в районе которой назначен зазор.

При смене начала монтажа меняется отклонение трассы в районе каждой трубы. Этим можно уменьшить отклонение трассы в районе контролируемого зазора, не меняя конфигурации трассы, если контролируемый зазор окажется ближе к новому началу монтажа.

В результате проведенных исследований разработана методика использования программы для контроля достаточности зазоров с соседними конструкциями. Действия методики производятся в следующем порядке:

1. На основании чертежей или 3D-модели проектант для проверки существующих зазоров должен сформировать из труб, входящих в «Базу данных труб», в программе анализируемую трассу в базу «Трассы». Для этого в графе «Выбор трубы» следует указать ее номер в последовательности монтажа трассы;

2. В спроектированной трассе указывается величина контролируемого зазора трассы от соседних конструкций или трасс. Это проверочный размер для работы программы. Отклонения каждого такого участка трассы не зависят от отклонений других трасс, если жесткофиксированной точкой начала монтажа трассы не является отросток другой трассы;

3. Если начало монтажа осуществляется от отростка другой трассы, то необходимо найти в базе труб программы AST-SUDOTRUB эту трубу с отростком.

При отсутствии в проекте 3D-модели трубопроводных систем данные по размерам труб вводятся непосредственно в программу AST-SUDOTRUB.

Методика использования программы AST-SUDOTRUB максимально автоматизирована. Дополнительно в интерактивном режиме необходимо:

- отметить последовательность расположения труб в трассе трубопроводов, ограниченной жесткофиксированными соединениями или свободными концами, указав трубу начала монтажа;
- внести величины проверяемых зазоров при необходимости.

Все дальнейшие расчеты по отклонению трасс при монтаже трубопроводов (под влиянием допусков на изготовление труб) программа осуществляет автоматизированно и также автоматизированно выдает заключение о достаточности или недостаточности назначаемых зазоров. Если зазор не был указан, то программа проведет расчеты отклонения трассы, но не выдаст заключение. В этом случае можно визуально сравнить рассчитанные отклонения с зазорами на чертеже.

Разработанная программа может быть интегрирована с САПР-трубопроводов, используемой на конкретном предприятии или выбранной заказчиком для осуществления проектной и промышленной деятельности по формированию морского заказа.

### Заключение

Использование разработанной методики учета отклонений, возникающих от погрешностей изготовления труб, позволяет минимизировать зазоры, назначаемые при трассировке трубопроводов. Созданный программный комплекс AST-SUDOTRUB на стадии проектирования предоставляет возможность регулировать величину отклонений габаритных размеров трубы и полностью исключать влияние ее угловых отклонений на отклонения трассы трубопровода при монтаже, что позволяет предусмотреть и назначить необходимые, но достаточные зазоры.

Результаты исследований применимы при проектировании трубопроводов, независимо от их функционального назначения, и могут быть ис-

пользованы при разработке документации для изготовления, сборки и монтажа трубопроводов. Кроме того, существует возможность изготовления труб по проектной информации без использования шаблонов. Результаты исследований могут быть

использованы при создании сложных технологических комплексов: современных судов, атомных электростанций, буровых платформ и любых объектов, в составе которых есть трубопроводы.

#### Список источников

1. Во Чунг Куанг. Обоснование проектной трассировки трубопроводов судовых систем на основе исследований точности изготовления труб с соединениями: дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2018. 200 с.
2. Sakhno K. N., Do Tat Manh, Bui Sy Hoang, Tsaloev V. M., Peyvand Ahmad Saadati, Lapeko F. A., Vu Van Tuyen. Solutions to enhance technology in the fabrication process and installation of marine pipelines // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2021. № 4. С. 17–26. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-17-26.
3. 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, 80 с.
4. ОСТ 5.0005-70. Системы судовые и системы судовых силовых установок. Методика проектирования трубопроводов с использованием масштабного макетирования и принципиальная технология их изготовления и монтажа. Л.: РТП НПО РиТМ, 42 с.
5. ОСТ 5.95057-90. Системы судовые и системы

- судовых энергетических установок. Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов. Л.: РТП НПО РиТМ, 201 с.
6. Репин Ф. Ф. Технология изготовления, монтажа и испытания судовых трубопроводов: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ВГАВТ, М-во трансп. РФ, 1995. 78 с.
7. Боровков В. М., Калютик А. А. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. М.: Академия, 2007. 239 с.
8. Петров Н. В. Изготовление сборных трубопроводов судовых систем // Вестн. технологии судостроения. 2009. № 17. С. 41–44.
9. Васильев А. А., Левшаков В. М., Голланд В. А. Перспективы внедрения современных технологий в новых судостроительных комплексах Российской Федерации // Вестн. технологии судостроения. 2008. № 16. С. 32–34.
10. Веселов А. А., Горелик Б. А., Коловкова И. Е. Организация и экономическое обоснование создания участка по производству бесшовных трубопроводных элементов // Вестн. технологии судостроения. 2014. № 22. С. 32–34.

#### References

1. Vo Chung Kuang. *Obosnovanie proektnoi trassirovki truboprovodov sudovykh sistem na osnove issledovaniy tochnosti izgotovleniya trub s soedineniyami: dic. ... kand. tekhn. nauk* [Justification of design tracing of pipelines of ship systems based on studying accuracy of manufacturing pipes with joints: diss. ... cand. tech. sci.]. Astrakhan', 2018. 200 p.
2. Sakhno K. N., Do Tat Manh, Bui Sy Hoang, Tsaloev V. M., Peyvand Ahmad Saadati, Lapeko F. A., Vu Van Tuyen. Solutions to enhance technology in the fabrication process and installation of marine pipelines. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2021, no. 4, pp. 17-26. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-17-26.
3. RD 5R.0005-93. *Sistemy sudovye i sistemy sudovykh energeticheskikh ustanovok. Trebovaniya k proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu trub po eskizam i chertezham s koordinatami trass truboprovodov* [RD 5R.0005-93. Ship systems and systems of ship power plants. Requirements for the design, manufacture and installation of pipes according to sketches and drawings with coordinates of pipeline routes]. Saint-Petersburg, TsNIITS, 80 p.
4. OST 5.0005-70. *Sistemy sudovye i sistemy sudovykh silovykh ustanovok. Metodika proektirovaniya truboprovodov s ispol'zovaniem masshtabnogo maketirovaniya i printsipial'naya tekhnologiya ikh izgotovleniya i montazha* [OST 5.0005-70. Ship systems and ship propulsion systems. Methods of designing pipelines using large-scale prototyping and the fundamental technology of their manufacture and installation]. Leningrad, RTP NPO RiTM, 42 p.
5. OST 5.95057-90. *Sistemy sudovye i sistemy sudovykh*

- energeticheskikh ustanovok. Tipovoi tekhnologicheskii protsess izgotovleniya i montazha truboprovodov* [OST 5.95057-90. Ship systems and systems of ship power plants. Typical technological process for the manufacture and installation of pipelines]. Leningrad, RTP NPO RiTM, 201 p.
6. Repin F. F. *Tekhnologiya izgotovleniya, montazha i ispytaniya sudovykh truboprovodov: uchebnoe posobie* [Technology of manufacturing, installation and testing ship pipelines: tutorial]. Nizhniy Novgorod, Izd-vo VГАVТ, Ministerstvo transporta RF, 1995. 78 p.
7. Borovkov V. M., Kaliutik A. A. *Izgotovlenie i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov* [Production and installation of technological pipelines]. Moscow, Akademiya Publ., 2007. 239 p.
8. Petrov N. V. *Izgotovlenie sbornykh truboprovodov sudovykh sistem* [Production of prefabricated pipelines of ship systems]. *Vestnik tekhnologii sudostroeniya*, 2009, no. 17, pp. 41-44.
9. Vasil'ev A. A., Levshakov V. M., Golland V. A. *Perpektivy vnedreniya sovremennykh tekhnologii v novykh sudostroitel'nykh kompleksakh Rossiiskoi Federatsii* [Prospects for introducing modern technologies in new ship-building complexes of the Russian Federation]. *Vestnik tekhnologii sudostroeniya*, 2008, no. 16, pp. 32-34.
10. Veselov A. A., Gorelik B. A., Kolovkova I. E. *Organizatsiya i ekonomicheskoe obosnovanie sozdaniya uchastka po proizvodstvu bessvornykh truboprovodnykh elementov* [Organization and economic justification of building site for producing non-welded pipeline elements]. *Vestnik tekhnologii sudostroeniya*, 2014, no. 22, pp. 32-34.

Статья поступила в редакцию 20.01.2022; одобрена после рецензирования 03.02.2022; принята к публикации 10.02.2022  
The article was submitted 20.01.2022; approved after reviewing 03.02.2022; accepted for publication 10.02.2022

### Информация об авторах / Information about the authors

**Во Чунг Куанг** – кандидат технических наук; старший преподаватель кафедры судомеханических дисциплин; Каспийский институт морского и речного транспорта им. генерал-адмирала Федора Матвеевича Апраксина, филиал Волжского государственного университета водного транспорта; 414000, Астрахань, ул. Никольская, 6; [votrungquang@gmail.com](mailto:votrungquang@gmail.com)

**Константин Николаевич Сахно** – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой судостроения и энергетических комплексов морской техники; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; [k.sakhno@mail.ru](mailto:k.sakhno@mail.ru)

**Нгуен Тхи Сен** – аспирант кафедры технологических машин и оборудования; Астраханский государственный технический университет; 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16; [ngocsenqb@gmail.com](mailto:ngocsenqb@gmail.com)

**Vo Trung Quang** – Candidate of Technical Sciences; Senior Lecturer of the Department of Ship Mechanical Disciplines; Caspian Institute of Sea and River Transport after General-Admiral F. M. Apraksin, branch of Volga State University of Water Transport; 414000, Astrakhan, Nikolskaya St., 6; [votrungquang@gmail.com](mailto:votrungquang@gmail.com)

**Konstantin N. Sakhno** – Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Equipment; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 16; [k.sakhno@mail.ru](mailto:k.sakhno@mail.ru)

**Nguyen Thi Sen** – Postgraduate Student of the Department of Technological Machines and Equipment; Astrakhan State Technical University; 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 16; [ngocsenqb@gmail.com](mailto:ngocsenqb@gmail.com)

