

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СУДОВЫХ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДОВ

Сахно К.Н., До Тат Мань, Конева С.А., Цалоев В.М.

Ключевые слова: гибка труб, судовые трубопроводы, траекториягиба, судовая арматура, технологический процесс, судовые системы.

Аннотация. Выполнен анализ современных подходов к повышению технологичности процесса производства судовых трубопроводов, который улучшает точность изготовления и сборки труб.

REVIEW OF MODERN METHODS FOR IMPROVING THE PROCESS OF PRODUCTION OF MARINE PIPELINE SYSTEMS

Sakhno K.N., Do Tat Manh, Koneva S.A., Tsaloiev V.M.

Keywords: pipe bending, ship pipelines, bending trajectory, ship fittings, technological process, ship systems.

Abstract. The analysis of modern approaches to improving the process manufacturability in the manufacture of ship pipes, which improves the accuracy of manufacturing and assembly of pipes.

В мировом и российском судостроении происходят значительные изменения в методах проектирования, технологии изготовления и монтажа судовых трубопроводов. Характерно при этом широкое применение системного подхода к комплексному решению вопросов проектирования, технологической подготовки производства и изготовления трубопроводов на базе широкого использования компьютерной техники [1, 2]. Недостатком существующих САПР, применяемых в процессе проектирования судовых систем трубопроводов (Nupac-Cadmatic, TRIBON, AVEVA-PDMS, FORAN, PV Elite, CADWorx, РИТМ-Судно, CATIA, Pro/ENGINEER, CAESAR II, Autocad и другие), является отсутствие всеобъемлющей научно-обоснованной проверки на технологичность с учётом особенностей геометрической конфигурации труб систем трубопроводов [3-10].

Современный этап развития информационных технологий в промышленности и технике связан с PLM-технологиями (Product Life-cycle Management, ранее CALS-технологиями – Continuous Acquisition and Life-cycle Support) создания, поддержки и применения полной компьютерной модели данных об изделии в рамках единого интегрированного информационного пространства. Интегрированное информационное пространство базируется на широком применении международных стандартов [3].

В работах Mahdi Safa, Arash Shahi, Mohammad Nahangi, Carl Haas, Hamid Noor [8] показано, что устранение недостатков и дефектов, возникающих во время выполнения судостроительных проектов, особенно в производстве трубопроводов, является дорогостоящим и трудоёмким. Нынешний процесс

управления качеством, связанный с изготовлением трубопроводов, имеет значительное количество ограничений, вызванное прежде всего человеческой ошибкой и отсутствием согласованности. Предлагается автоматизированный процесс управления качеством строительства, в котором используются автоматизированные технологии для выявления дефектов. Система основывается на измерениях конструкции трубопроводов. Данные, собранные с использованием фотограмметрии и лазерного сканирования, затем используются как средство для сравнения с проектными данными (рис. 1, 2). Разработанная трехканальная модель управления качеством имеет потенциал для снижения общей стоимости проекта за счет сокращения требуемой переработки, а также дорогостоящих и трудоемких переустройств сборки узла, которые часто вызывают дефекты в процессах изготовления и доставки.



Рис. 1. Расположение сканеров для проведения послепроизводственных измерений

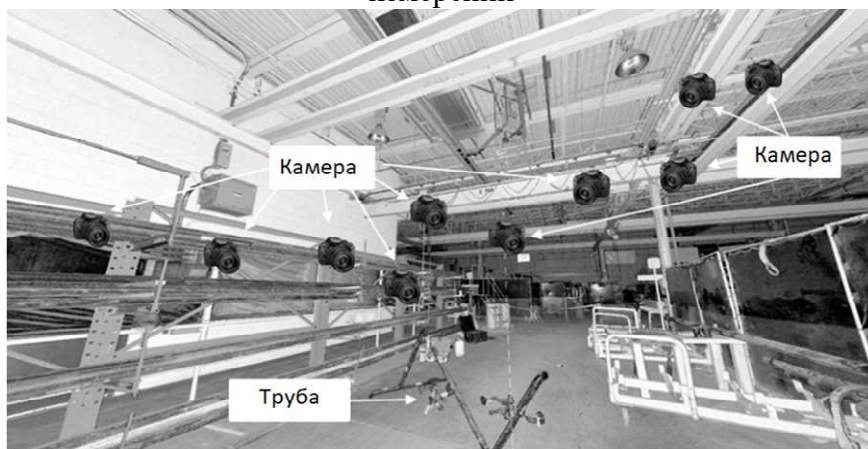


Рис. 2. Расположение камеры для проведения после производственных измерений

В работах Wen-Ying Jiang, Yan Lin n, Ming Chen, Yan-Yun Yu [7] представлен Co-evolution улучшенный алгоритм оптимизации (CIMACO) для проектирования систем трубопроводов на судах и ответвлений. Цель

алгоритма CIMACO состоит в том, чтобы спроектировать соответствующие трубные трассы для соединения начальных и конечных точек в пространстве листа при различных видах ограничений. Алгоритм оптимизации (ACO) улучшен в соответствии с характеристиками трассировки судовых труб, которые используется для решения задачи трассировки одиночных труб. Основанный на улучшенном алгоритме ACO, алгоритм Multi Ant colony optimization (MACO) с механизмом Co-evolution используется для решения задачи трассировки нескольких трубопроводов и ответвлений.

В данной работе для повышения производительности расчета в предложенном алгоритме разработаны информация о направлении трасс и ответвлений. По сравнению с обычным методом, алгоритм CIMACO лучше избегает проблемы локального оптимума и ускоряет скорость сходимости. Наконец, результаты моделирования демонстрируют целесообразность и эффективность предложенного алгоритма. Цель алгоритма SPRD выяснить оптимальность трассы от местоположения начальной и конечной точки с учетом препятствий и разного рода ограничений. В задаче алгоритма основные ограничения и требования включают: избегать препятствий; минимизировать длину трубопровода и количество отводов; расположить трубы ортогонально и вдоль стен (переборки, обводов корпуса), если это возможно; учитывать удобство установки и обслуживания. В среде SPRD определяются координаты точек трассы. База данных формируется согласно диаметрам трубопровода и расстоянию между трассами. Структура данных определена следующим образом и показана на рис. 3.

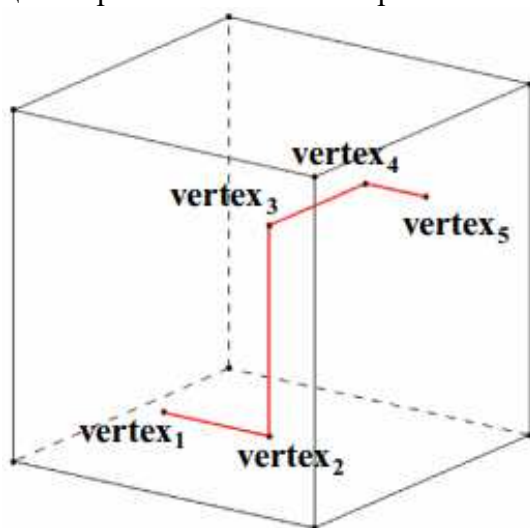


Рис. 3. Структура данных

В настоящее время на ряде российских верфей, на верфях компании Damen (Голландия, Вьетнам) для отдельных проектов морских заказов повышают точность при изготовлении труб с использованием фасонных частей (колен) согласно стандарту, чтобы минимизировать операции гибки труб. При этом преимуществом является высокая точность при формировании

линии труб различной конфигурации для уменьшения погрешностей из-за операций гибки труб. Однако недостатком этого метода является применимость только к стандартным углам (900, 450, 300, 600, ...), в других случаях он не может быть применен. Кроме того, использование фасонных частей предполагает значительное увеличение сварочных работ при изготовлении труб. Ухудшается надежность трубопроводов особенно на поворотах, где всегда много напряжений, разрушающих сварные швы в процессе эксплуатации. На практике это приводит к выходу из строя системы трубопроводов, образованию протечек, вызывая большую опасность в процессе эксплуатации судов. К тому же использование фасонных частей удорожает изготовление труб.

Альтернативой является использование гибки труб методом наматывания (дорновый метод). Станки, выпускаемые предприятиями ведущих мировых судостроительных держав, отличаются высокой степенью точности гибки труб. Дорновый метод гибки обеспечивает ровностьгиба, исключая гофрирование трубы на внутреннем сгибе. Так, для станков производства ОАО «Пелла-Маш», отсчет и задача угла осуществляется при помощи устройства цифровой индикации ЛИР 511, производства компании СКБ ИС, выпускающей оборудование для контроля и индикации процесса, выполняемого на станке. Станок СТГ-159АФ предназначен для гибки труб от 76 до 159 мм с толщиной стенки до 8 мм (рис. 4). Траекториягиба трубы задается при помощи системы ЧПУ.



Рис. 4. Станок СТГ-159АФ на ОАО «Пелла-Маш»

В исследовании [11] показана взаимосвязь между формой трубопровода и погрешностями в процессе изготовления труб, использована конфигурация трубопровода в сочетании со свободными соединениями, чтобы исключить возможные отклонения [11]. По результатам исследования предлагается набор решений от проектирования до изготовления и сборки труб по совершенствованию технологий в области производства трубопроводов. В этой работе предложен новый подход для уменьшения объёма забойных труб путём использования конфигурации трасс трубопроводов. В продолжении этой идеи Нго Ж. В. [12] разработал метод устранения отклонений при

монтаже трасс поворотом параллельных участков труб. Однако остаётся проблема, что делать с трассами, не имеющими таких параллельных участков труб. Есть ли ещё какой-либо вариант для исключения отклонений с использованием конфигурации трасс трубопроводов. В работе Во Ч. К. предлагается метод изготовления труб с разрешаемыми допусками [13]. В результате на стадии проектирования назначаются зазоры между трассами труб, достаточные для успешного монтажа систем трубопроводов. Это хорошее предложение для применения на практике с целью устранения возникающих отклонений.

Выводы. Точность проектирования при использовании вычислительных технологий, позволяющих проверить правильность определения свободного пространства для размещения всех судовых конструкций, – решается существующими программами проектирования. Проектанты, использующие компьютерные программы, добились хорошего результата при размещении трубопроводов в насыщенных помещениях, а разработанная технология изгиба труб позволяет поддерживать конфигурацию конструкции труб при их изготовлении с разрешенными допусками. Однако эти допуски не соответствуют размеру зазоров, требуемых при проектировании трасс. В результате часть труб, изготовленных в соответствии с нормативными требованиями, отправляется в брак, так как трубы не вписываются в коридоры, выделенные проектантами. Проведённый обзорный анализ предлагаемых подходов к решению проблемы показал их востребованность при проектировании трубопроводов, в результате – улучшается точность изготовления и сборки труб. Выявлена необходимость дальнейших исследований для разработки комплексного подхода к оценке технологичности при производстве судовых трубопроводов.

Список литературы

1. Очков В.Ф. Mathcad 8: Первые впечатления. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 97 с.
2. Панов Р.А. Создание модели трубопровода, расчет и генерации продольного профиля и плана трассы трубопровода // Вестник ТГАСУ. – 2004. – № 1. – С. 154-162.
3. CALS-технологии в судостроении // Судостроение. – 2001. – №6. – С. 61.
4. Chambon R. Automated AIBased Mechanical Design of Hydraulic Manifold Blocks / R. Chambon and M. Tollenaere // Computer Aided Design, 23:3, (1991): 213-222.
5. Abido M.A. Multiobjective evolutionary algorithms for electric power dispatch problem // IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 10, no. 3, pp. 315–329, 2006.
6. Alkaner S. The Modelling and Analysis of Ship Production with Simulation: Case Study, PhD Thesis // ITU Institute of Science, Istanbul, 1998.
7. Jiang W.Y. A co-evolutionary improved multi-ant colony optimization for ship multiple and branch pipe route design / W.Y. Jiang, Y. Lin, M. Chen, Y.Y. Yu

- // Ocean Engineering. – 2015. – Vol. 102. – P. 63–70. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.028.
8. Safa M., Shahi A., Nahangi M., Haas C., Noori H. Automating measurement process to improve quality management for piping fabrication // Structures. 2015. Vol. 3. P. 71-80.
 9. Dang V. T. Giao trình tho ong tau thuy. Hai Phong: Dai Hoc Hang Hai Viet Nam, 2005. 45 p.
 10. Cao N. V. Nghiên cuu ung dụng phan mem ship constructor vao thiet ke cong nghe he thong đuong ong tau thuy bang mo hình 3D tren may vi tinh // Tap chí: Khoa hoc cong nghe hang hai. 2007. № 10. P. 84-86.
 11. Сахно К.Н. Научные основы повышения технологичности трубопроводов судовых систем на стадии проектирования: дисс. ... д-ра техн. наук; 05.08.04. Астрахань: АГТУ, 2012. 353 с.
 12. Нго Ж. В. Обеспечение собираемости трубопроводов судовых систем на основе анализа их конфигурации: дисс. ... канд. техн. наук. – АГТУ, 2018.
 13. Во Ч.К. Обоснование проектной трассировки трубопроводов судовых систем на основе исследований точности изготовления труб с соединениями: дисс. ... канд. техн. наук. – СПб., 2018.

References

1. Ochkov V.F. Mathcad 8: first impressions. – M.: Computerpress, 1998. – 97 p.
2. Panov R.A. Creating a pipeline model, calculating and generating a longitudinal profile and a pipeline route plan // News TSASU. – 2004. – № 1. – P. 154-162.
3. CALS- technologies in shipbuilding // Shipbuilding. – 2001. – № 6. – P. 61.
4. Chambon R. Automated AIBased Mechanical Design of Hydraulic Manifold Blocks / R. Chambon and M. Tollenaere // Computer Aided Design, 23:3, (1991): 213-222.
5. Abido M.A. Multiobjective evolutionary algorithms for electric power dispatch problem // IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 10, no. 3, pp. 315–329, 2006.
6. Alkaner S. The Modelling and Analysis of Ship Production with Simulation: Case Study, PhD Thesis // ITU Institute of Science, Istanbul, 1998.
7. Jiang W.Y. A co-evolutionary improved multi-ant colony optimization for ship multiple and branch pipe route design / W.Y. Jiang, Y. Lin, M. Chen, Y.Y. Yu // Ocean Engineering. – 2015. – Vol. 102. – P. 63–70. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.028.
8. Safa M., Shahi A., Nahangi M., Haas C., Noori H. Automating measurement process to improve quality management for piping fabrication // Structures. 2015. Vol. 3. P. 71-80.
9. Dang V. T. Giao trình tho ong tau thuy. Hai Phong: Dai Hoc Hang Hai Viet Nam, 2005. 45 p.
10. Cao N. V. Nghiên cuu ung dụng phan mem ship constructor vao thiet ke cong nghe he thong đuong ong tau thuy bang mo hình 3D tren may vi tinh // Tap chí: Khoa hoc cong nghe hang hai. 2007. № 10. P. 84-86.

11. Sakhno K.N. Scientific bases of increasing the manufacturability of pipelines of ship systems at the design stage: diss. ... dr. of techn. sc.: 05.08.04. Astrakhan: ASTU, 2012. 353 p.
12. Ngo Zh.V. Ensuring the collection of pipelines of ship systems based on the analysis of their configuration: diss. ... cand. of techn. sc. AGTU, 2018.
13. Vo Ch.K. Justification of the project tracing of pipelines of ship systems on the basis of research on the accuracy of manufacturing pipes with connections: diss. ... cand. of techn. sc. SPb., 2018.

Сахно Константин Николаевич – доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники», Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, k.sakhno@mail.ru	Sakhno Konstantin Nikolaevich – doctor of technical science, assistant professor, professor of Department «Shipbuilding and power complexes of marine technological equipment», Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, k.sakhno@mail.ru
До Тат Мань – кандидат технических наук, преподаватель, Институт последиplomного образования, Вьетнамский морской университет, Вьетнам, dotatmanh@vimaru.edu.vn	Do Tat Manh – candidate of technical sciences, lecturer, Institute of Postgraduate Education, Vietnam Maritime University, Vietnam dotatmanh@vimaru.edu.vn
Конева Светлана Андреевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Судовое электрооборудование», Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия, ksa2602@mail.ru	Koneva Svetlana Andreevna – candidate of technical sciences, assistant professor, head of Department "Marine electrical equipment", Sevastopol state University, Sevastopol, Russia, ksa2602@mail.ru
Цалоев Владимир Муратович – старший преподаватель кафедры «Судовое электрооборудование», Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия, 1._@mail.ru	Tsaloev Vladimir Muratovich – senior lecturer of Department "Marine electrical equipment", Sevastopol state University, Sevastopol, Russia, 1._@mail.ru

Received 24.06.2020