

УДК 004.925.83

DOI: 10.37890/jwt.vi80.510

Исследование качества каркасной поверхности при моделировании корпуса судна в зависимости от типа линий каркаса в САПР Компас 3D

А.Ю. Рыченкова

ORCID: 0000-0002-6477-6305

Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова), г. Новороссийск, Россия

Аннотация. В статье приведен краткий обзор используемых САПР в области судостроения. Показаны потенциальные возможности применения отечественной системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D в судостроении в задаче трехмерного моделирования теоретической поверхности корпуса судна. Показаны способы моделирования поверхности корпуса судна с помощью САПР Компас 3D в виде каркасной поверхности, в которой формообразующими сечениями являются различные типы обводов судна: шпангоуты, батоксы и ватерлинии. Предложен способ проверки моделируемой каркасной поверхности с помощью контрольных сечений. Проведен сравнительный анализ качества поверхностей, полученных разными способами ее формирования, по ряду предложенных количественных показателей, характеризующих гладкость и точность поверхности. Проанализировано влияние на показатели качества каркасной поверхности введения в каркасное множество промежуточных сечений. Приведены результаты количественного сравнительного анализа качества каркасной поверхности в зависимости от типа линий каркаса. Было показано, что увеличение общего количества формообразующих линий в каркасе не обязательно приводит к повышению качества моделируемой поверхности. Результаты работы могут представлять практический интерес в задачах моделирования и оценке качества каркасных поверхностей различного назначения, задаваемых совокупностью сечений в различных плоскостях, а также помогут при выборе автоматизированной системы проектирования для предприятий судостроения.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, теоретическая поверхность судна, шпангоуты, ватерлинии, САПР Компас 3D, каркасная поверхность, качество каркасной поверхности.

Research of the quality of frame surface when modeling the vessel's hull depending on the type of frame lines in the CAD system Compass 3D

Anna Yu. Rychenkova

ORCID: 0000-0002-6477-6305

Admiral Ushakov Maritime State University (AUMSU), Novorossiysk, Russia

Abstract: The article provides a brief overview of the CAD systems used in shipbuilding. The potential application of the domestic computer-aided design system COMPASS 3D in shipbuilding in the task of three-dimensional modeling of the theoretical surface of the hull is shown. The methods of modeling the surface of the ship's hull using the Compass 3D CAD in the form of a frame surface, in which the shaping sections are various types of vessel contours: frames, buttocks and lines. A method for checking the simulated frame surface using control sections is proposed. A comparative analysis of the quality of surfaces obtained by different methods of its formation has been carried out according to a number of proposed quantitative indicators characterizing the smoothness and accuracy of the surface. The

influence of the introduction of intermediate sections into the frame set on the quality indicators of the frame surface is analyzed. The results of a quantitative comparative analysis of the quality of the frame surface depending on the type of frame lines are presented. It has been shown that an increase in the total number of forming lines in the frame does not necessarily lead to an increase in the quality of the simulated surface. The results of the work may be of practical interest in the tasks of modeling and evaluating the quality of frame surfaces for various purposes, set by a set of sections in various planes, and will also help in choosing an automated design system for shipbuilding enterprises.

Keywords: three-dimensional modeling, theoretical surface of the vessel, frames, waterlines, CAD Compass 3D, frame surface, the quality of the frame surface.

Введение

Теоретическая поверхность корпуса судна представляет собой криволинейную поверхность сложной геометрии, имеющую как области положительной гауссовой кривизны, так и отрицательной. От формы корпуса судна напрямую зависят ходовые характеристики судна, поэтому при проектировании поверхности судна ставятся задачи минимизации гидравлического сопротивления и увеличения устойчивости судна при волнениях и различных режимах хода [1]. Форма корпуса судна также должна обуславливать способность судна сопротивляться ветровой нагрузке [2]. Все эти оптимизационные цели достигаются особой формой обводов судна и их гладкостью. При этом геометрия судна может быть представлена различными способами: табличным, графическим или аналитическим. Задача трехмерного геометрического моделирования корпуса судна может выполняться на основе всех этих способов представления. Применение аналитических моделей поверхности судна ограничивает сложность описываемой геометрии корпуса, и они пока не способны в полной мере дать описание корпуса судна, достаточное для построения трехмерной модели. Имеются немногочисленные примеры использования аналитических моделей для описания части обводов судна. Например, в работе [3] предложена математическая модель носовой оконечности ледокола, основанная на трехпараметрических степенных функциях, а в работе [4,5] на примере моделирования корпуса подводной лодки было показано использование каркаса из кривых Ламе. Однако в этих работах показаны модели лишь отдельных участков корпуса судна. Так в [3] – это носовая часть судна, а [4] – это часть ниже ватерлинии для надводного судна. Как показал обзор источников, серьезных попыток создания полной аналитической модели корпуса судна не было найдено. Поэтому в настоящее время для создания трехмерной модели судна основной формой представления исходных данных все еще остается графическая форма в виде теоретического чертежа.

Теоретический чертеж судна с точки зрения геометрического трехмерного моделирования является сетчатым каркасом, состоящий из трех множеств обводов [6]. Вертикальные поперечные сечения – шпангоуты, вертикальные продольные сечения – батоксы, горизонтальные продольные сечения – ватерлинии. Этап создания трехмерной модели корпуса судна является основополагающим для обеспечения заданных ходовых характеристик судна, поэтому к системам автоматизированного проектирования (САПР), реализующим данную задачу, предъявляются высокие требования в части моделирования сложных поверхностей.

В настоящее время на мировом рынке CAD/CAM систем можно выделить несколько наиболее известных САПР, применяемых для судостроительного производства. Самые известные - это TRIBON шведской компании Koskums и FORAN немецкой компании Siemens [7]. Также можно отметить САПР CATIA (Франция), успешно реализующую судостроительные проекты [8]. Из других САПР

для судостроения можно выделить финскую CADMATIC Marine, канадскую Autoship, британскую AVEVA Marine [9]. Среди отечественных систем известны: Sea Solution, K3-SHIP и ShipModel, FREEship [10]. В настоящее время на отечественном рынке САПР одной из наиболее распространённой и имеющей высокий потенциал считается универсальная САПР среднего уровня Компас 3D [11]. Как показал обзор, задачи геометрического моделирования судостроительных объектов в Компас-3D недостаточно раскрыты. В немногочисленных доступных источниках показаны лишь отдельные примеры применения этой системы проектирования при решении задачи геометрического моделирования корпуса судна путем создания каркасной поверхности [12,13]. Кроме того, в открытых источниках не было найдено примеров количественного исследования трехмерной модели корпуса судна с точки зрения ее гладкости и точности. Есть работы, в которых указывается на необходимость обеспечения точности и гибкости моделируемой поверхности судна и приводятся некоторые показатели контроля качества, как в работе [14], но не показана методика количественной оценки этих показателей. Поэтому мы считаем актуальной задачей сравнительный анализ различных способов моделирования поверхности судна в САПР Компас и дальнейшее совершенствование предложенной методики определения количественных характеристик качества моделируемой каркасной поверхности.

Материалы и методы

Исходными данными для моделирования поверхности судна являлся теоретический чертеж корпуса в виде плоских кривых, поэтому модель корпуса судна строилась в виде каркасной поверхности. Каркасные поверхности обладают рядом положительных качеств, обусловивших их широкое применение в практике геометрического моделирования. Недостатком каркасных поверхностей является то, что точки, не лежащие на линиях каркаса, не могут быть однозначно определены и их положение в пространстве будет зависеть только от алгоритмов построения и сглаживания итоговой поверхности. В связи с таким ограничением каркасных поверхностей на одном и том же каркасе могут быть построены различные по форме поверхности как это показано на рисунке 1. Поэтому для достижения требуемой формы каркасной поверхности определяющую роль играет способ формирования поверхности между сечениями. При этом точность и гладкость каркасной поверхности будет обусловлена точностью и гладкостью линий исходного каркаса, а также от общего количества линий, задающих каркас.

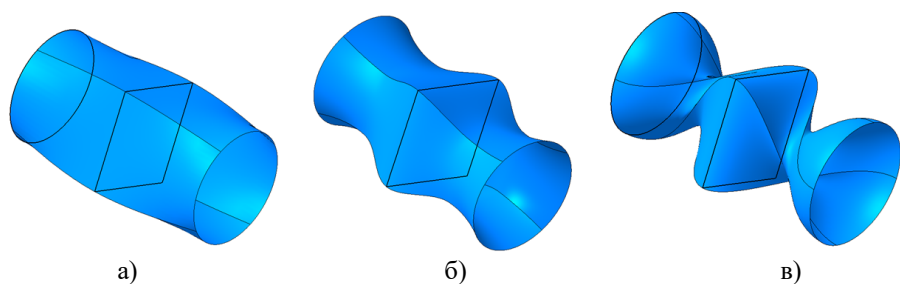


Рис.1. Примеры поверхностей, построенных на одном каркасе: а) автоматический режим построения, б) с использованием направляющей траектории, в) ошибка «перекручивание».

На основе такого заданного сетчатого каркаса возможно построение каркасной поверхности различными способами. Ранее мы рассматривали возможность

моделирования корпуса судна по одному из множеств обводов. Так, в работе [15] в качестве формообразующих линий каркаса нами были взяты поперечные сечения – шпангоуты (Рис.2а). Выбор вертикальных поперечных сечений в качестве каркаса нами был обоснован, во первых, большим количеством формообразующих сечений, так в любом крупном судне 20 основных шпангоутов. При этом для повышения качества поверхности возможно построение промежуточных шпангоутов в области наибольшей кривизны поверхности на базе теоретического чертежа с помощью проекционных методов. Также каркас из шпангоутов обладает высоким уровнем визуализации и в достаточной мере описывает будущую поверхность. Однако, поверхность, полученная на основе множества поперечных сечений, имеет и недостатки. Так, при таком подходе моделируемая поверхность, скорее всего, будет иметь недостаточный уровень качества моделирования в областях наибольшего изменения кривизны корпуса судна, а именно, в носовой и кормовой частях, как это было нами показано в работе [15]. В САПР КОМПАС-3D существует возможность моделирования поверхностей по сети кривых двух направлений. Логично было бы предложить в качестве кривых второго направления заданные ватерлинии, в то время как кривыми первого направления останутся шпангоуты. Однако в системе КОМПАС-3D существует ряд требований, предъявляемых к сети кривых. Так, каждая кривая одного направления должна иметь по одной общей точке с каждой кривой другого направления. Это требование нельзя выполнить в силу особенности формы корпуса судна: начальные и конечные шпангоуты не пересекаются с нижними ватерлиниями. В связи с этим обстоятельством, из имеющихся на заданном теоретическом чертеже линий в работе мы использовали в качестве кривых второго направления линию главного обвода и линию палубы (Рис.2б). Только эти линии удовлетворяют всем требованиям операции «По сети кривых».

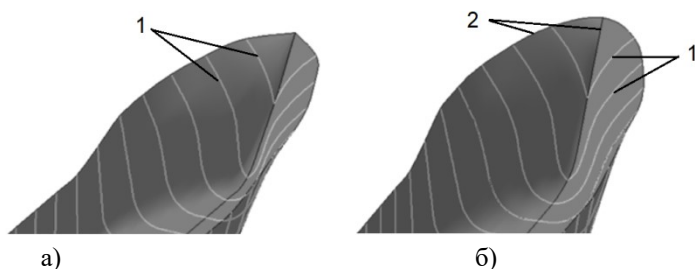


Рис.2. Фрагмент каркасной поверхности корпуса судна: а) по поперечным сечениям (шпангоутам), б) по сети кривых двух направлений, где 1- шпангоуты, 2 – линия палубы и главный обвод судна

С целью повышения качества поверхности в работе [16] нами было предложено введение в каркас наклонных сечений корпуса судна – рыбин. В связи с тем, что данный тип обводов судна не всегда присутствует на теоретическом чертеже, эти сечения необходимо дополнительно строить с помощью проекционных методов. Кроме этого, с точки зрения трехмерного моделирования рыбины представляют собой пространственные сплайны, а не плоские как все основные обводы судна, что увеличивает трудоемкость данного подхода моделирования. Поэтому этот метод повышения качества поверхности на является целесообразным.

В данной работе мы предлагаем рассмотреть еще один метод построения поверхности судна на базе множества горизонтальных сечений – ватерлиний (Рис. 3).

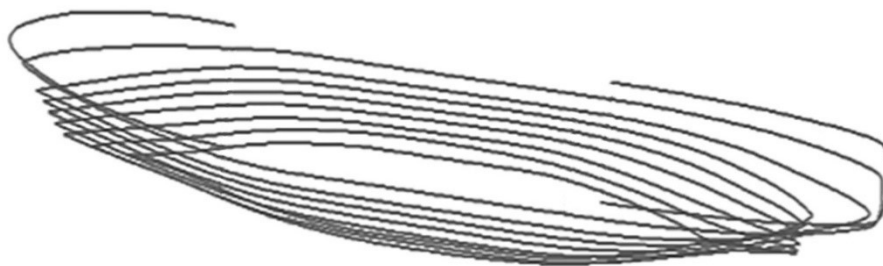


Рис.3. Каркас поверхности судна из горизонтальных сечений – ватерлиний

В отличие от шпангоутов общее количество ватерлиний не превышает десяти, что может привести к недостаточной точности воспроизведения формы поверхности судна. Как показал предварительный анализ полученной таким способом поверхности судна, показанной на рисунке 4, она достаточно точно передает заданную форму носовой и кормовой частей только по имеющимся на теоретическом чертеже ватерлиниям.

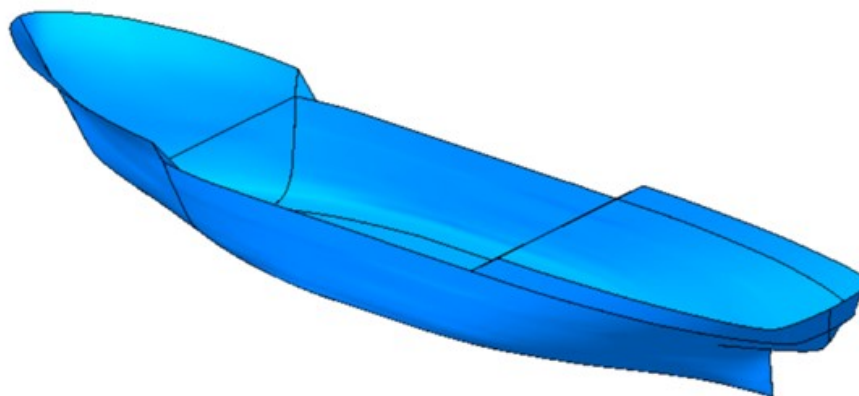


Рис.4. Поверхность судна, построенная по ватерлиниям

Для объективной оценки качества полученных различными способами поверхностей нами была предложена методика сравнительного анализа качества каркасных поверхностей с помощью контрольных сечений [15]. Контрольное сечение по данному обводу – это кривая пересечения каркасной поверхности судна и секущей плоскости соответствующего обвода судна. Такие кривые пересечения легко снимаются с любой поверхности с помощью одноименной команды в САПР Компас как это показано на рисунке 5. Для полного анализа всей поверхности судна необходимо получить контрольные сечения для всех обводов судна. При этом действует следующий принцип: если поверхность моделируется по горизонтальным сечениям, то контрольные сечения надо получать посредством вертикальных секущих плоскостей и наоборот.

Оценка гладкости и точности полученной каркасной поверхности проводилась с помощью контрольных сечений поверхности судна плоскостями, параллельными горизонтальной плоскости проекций – т. е. плоскостями, совпадающими с плоскостями ватерлиний, а также сечения поверхности судна плоскостями, параллельными вертикальной плоскости, т.е. плоскостями батоксов. В результате были получены множества ватерлиний и батоксов, снятых с модели судна. Эти же

линии заданы на теоретическом чертеже. При помощи контрольных сечений, не совпадающих с сечениями каркаса, можно судить не только о гладкости полученной поверхности, но и о точности ее моделирования, так как в качестве секущих плоскостей для контрольных сечений были взяты плоскости заданных ватерлиний и батоксов.

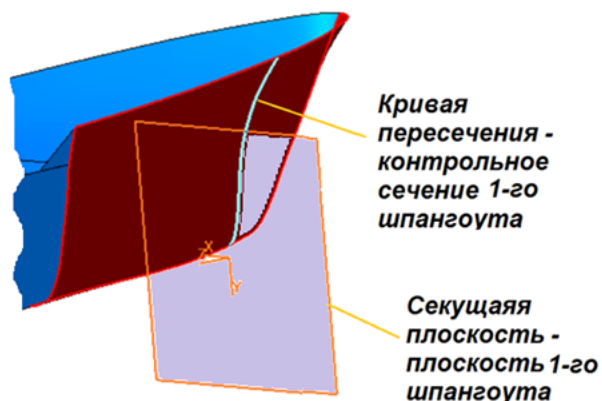


Рис.5. Снятие с поверхности контрольного сечения 1-го шпангоута

По каждому контрольному сечению путем наложения на него соответствующего заданного обвода с теоретического чертежа (Рис. 6) были определены ряд показателей, характеризующих точность и гладкость каркасной поверхности.

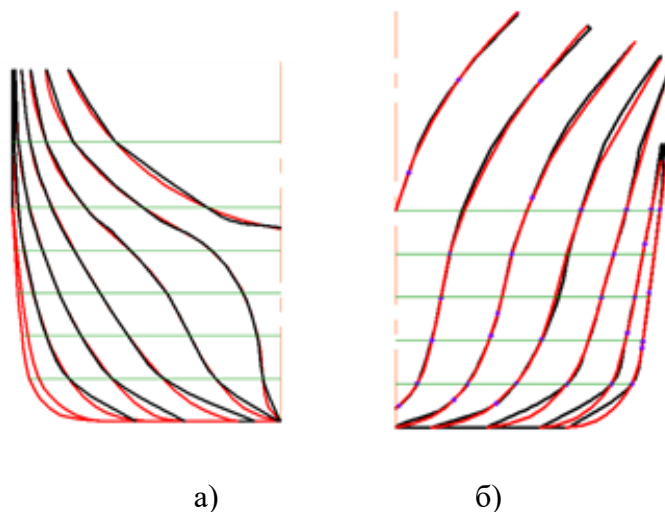


Рис.6. Сравнение контрольных сечений шпангоутов с заданными для кормовой части (а) и носовой части судна (б) модели по ватерлиниям

Сравнительная оценка качества моделирования каркасной поверхности судна различными способами производилась по ранее предложенной нами методике [15,16], согласно которой определялись следующие количественные параметры, графически показанные на рисунке 7:

- Δ_{\max} - максимальное линейное отклонение данного i -го обвода от заданного;

- $S_{oi} = S_1 + S_2$ - общая интегральная ошибка моделирования по i -му обводу, где S_1 - сумма всех площадей с одной стороны от заданного i -го обвода, S_2 - сумма всех площадей с другой стороны этого обвода;
- $S_{otni} = (S_{oi} / S_{pi}) \times 100\%$ - относительная интегральная ошибка моделирования по i -му обводу: где S_{pi} - полная площадь под кривой i -го обвода до осевой линии;
- $\delta = |S_1 - S_2|$ - смещение контрольного сечения от заданного обвода.

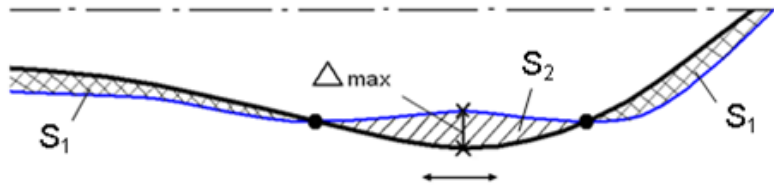


Рис.7. Графическое определение показателей качества каркасной поверхности

Наиболее объективным показателем точности моделируемой поверхности является относительная интегральная ошибка моделирования (S_{otn}), т.е. доля отклонения площади каждого обвода к полной площади под кривой этого обвода. Чтобы получить S_{otn} для всей поверхности необходимо просуммировать этот показатель по всему множеству контрольных сечений. Однако в виду того, что количество вертикальных сечений в два раза больше, чем горизонтальных, простая сумма по всем сечениям будет некорректна в оценке интегральной ошибки моделирования поверхностей по шпангоутам в сравнении с поверхностью по ватерлиниям. Поэтому предлагается привести этот показатель к среднему значению в зависимости от количества контрольных сечений в данной поверхности (N): $S_{otn}^* = S_{otn} / N$.

Результаты исследования

В результате данной работы была показана возможность моделирования поверхности корпуса судна по горизонтальным продольным сечениям – ватерлиниям и был проведен сравнительный анализ поверхностей, основанных на различных формообразующих множествах обводов: по шпангоутам и ватерлиниям. Для каждой поверхности были определены количественные показатели качества моделирования. Результаты оценки качества поверхностей судна, построенных на каркасе обводов различного типа, приведены в таблице 1. По результатам сравнительного анализа исследуемых поверхностей можно сделать следующие выводы. Поверхность по ватерлиниям обеспечивает значительно меньшую интегральную ошибку моделирования как по общей сумме относительных площадей (S_{otn}), так и по приведенной средней интегральной ошибке (S_{otn}^*). Также последняя поверхность показывает меньшее значение максимального отклонения от заданного обвода. При этом наибольшее расхождение кривых контрольного сечения и заданных шпангоутов для этой поверхности наблюдается в области днища судна, т.е. между нулевой и 1-й ватерлиниями. Следовательно, есть потенциал дальнейшего повышения качества поверхности по ватерлиниям путем ввода в множество линий каркаса промежуточной ватерлинии.

Таблица 1

Результаты оценки качества поверхностей судна на каркасе различного типа

| Тип линий каркаса | Количественные показатели качества поверхности | | | |
|--|--|----------------------|-----------------------|------------------------|
| | Δ_{\max} | S _{отн} , % | S _{отн*} , % | $\delta = S_1 - S_2 $ |
| По вертикальным сечениям (шпангоутам) | 6,35 | 0,762 | 0,0381 | 53,61 |
| По горизонтальным сечениям (ватерлиниям) | 2,95 | 0,140 | 0,0175 | 12,72 |

Заключение

По результатам работы было показано, что качество каркасной поверхности не всегда напрямую зависит от количества линий в каркасе, особенно это касается таких геометрически сложных криволинейных поверхностей как поверхность корпуса судна. Применительно к поверхности судна более важным фактором, обуславливающим точность трехмерной модели, является способность сечений описывать заданную форму судна в областях с наибольшим изменением кривизны, т.е. в носовой и кормовой части судна. С этой точки зрения именно горизонтальные сечения – ватерлинии – наиболее целесообразны.

Список литературы

1. Lebedev, O.Y., Fil, A.V., Bondareva, E.V. Simulation of ship handling in reverse // Journal of Physics: Conference Series 2021. Vol. 2061 (1):012079.
2. Yudin, Y.I., Petrov, S.O. Assessment of the quality of control of the ship "crosshair" under wind load conditions//Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol.2061 (1).
3. Пец Н. Г. Аналитическая трехмерная модель носовой оконечности судов ледового плавания и ледоколов // Вестник ИШ ДВФУ. 2018. №4 (37).
4. Карневич В. В. Построение гидродинамических поверхностей каркасами из кривых Ламе на примере корпуса подводной лодки // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23, № 1. С. 30-37.
5. Карневич В. В. Гидродинамические поверхности с мидель-шпангоутом в форме кривых ламе // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2021. №4. С. 323-328.
6. Давыдова С. В., Мочалов К. П. Методика автоматизированного формирования судовой поверхности буксирного судна // Научные проблемы водного транспорта. 2022. №75. С. 36-50. DOI:10.37890/jwt.vi75.365
7. LIN R. et al. Application of the Foran software on the engineer design [J] //Machinery. 2011. Vol.8. pp. 8-14.
8. Dong-mei C.K.Z., Rui-xi W.U. Elementary introduction of CATIA software's application on ship-building //Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College. 2008. Vol. 4.
9. Зяблов О.К., Кочнев Ю.А. Обзор современных CAD/CAM/CAE систем и перспективы их применения на отечественных судоремонтных предприятиях// Научные проблемы водного транспорта. 2015. № 44 , С. 168-175.
10. Давыдова С.В., Мочалов К.П. Сравнительный анализ создания теоретического чертежа в программах "ТКОРПУС" и "FREESHIP" //Научные проблемы водного транспорта. 2022. №72. С. 30-40. DOI:10.37890/jwt.vi72.276.
11. Клименко Е.С., Бородина Л.Н., Рыченкова А.Ю. Прикладное использование систем автоматизированного проектирования при моделировании механизмов и машин на морском транспорте // Научные проблемы водного транспорта. 2018. № 57. С. 38-44.
12. Горавнева Т.С., Семенова-Тян-Шанская В.А. Моделирование корпуса судна в САПР КОМПАС 3D // САПР и графика. 2019. №4. С.57-61.

13. Дмитриев С.А., Раков В.Л., Чехович С.В. Создание теоретического чертежа корпуса судна с использованием САПР КОМПАС. СПб.: СПБГМТУ, 2015. 176 с.
14. Попов Е.В., Шоркина И.Н. Автоматизация моделирования поверхности судового корпуса // Омский научный вестник. 2023 №4 (188). С. 13-21.
15. Рыченкова А. Ю., Клименко Е. С., Бородина Л. Н. Геометрическое моделирование и оценка качества каркасной поверхности корпуса судна в САПР Компас-3D // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 62. С. 81-90. DOI:10.37890/jwt.vi62.49.
16. Rychenkova A.Y., Klimenko E.C. Borodina L.N. Introduction of oblique sections into the curves web in modeling the framing of a vessel hull in KOMPAS-3D // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2032. 012142. 10.1088/1742-6596/2032/1/012142.

References

1. Lebedev, O.Y., Fil, A.V., Bondareva, E.V. Simulation of ship handling in reverse. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol. 2061 (1):012079.
2. Yudin, Y.I., Petrov, S.O. Assessment of the quality of control of the ship "crosshair" under wind load conditions. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol.2061 (1).
3. Pets N.G. Analiticheskaya trekhmernaya model' nosovoi okonechnosti sudov ledovogo plavaniya i ledokolov. [Analytical three-dimensional model of the bow tip of ice navigation vessels and icebreakers] *Vestnik ISH DVFU*. 2018, no.4 (37), (In Russ).
4. Karnevich V.V. Postroenie gidrodinamicheskikh poverkhnostei karkasami iz krivykh Lame na primere korpusa podvodnoi lodki. [Construction of hydrodynamic surfaces with frames made of Lamé curves using the example of a submarine hull] *Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2022, Vol.23, no.1, pp.30-37, (In Russ).
5. Karnevich V.V. Gidrodinamicheskie poverkhnosti s midel'-shpangoutom v forme krivykh lame. [Hydrodynamic surfaces with a midship frame in the form of lamé curves] *Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2021, no.4, pp.323-328, (In Russ).
6. Davydova S.V., Mochalov K.P. Metodika avtomatizirovannogo formirovaniya sudovoj poverkhnosti buksirnogo sudna. [The method of automated formation of the ship surface of a tugboat] *Russian Journal of Water Transport*. 2022, no.75, pp.36-50, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi75.365.
7. LIN R. et al. Application of the Foran software on the engineer design [J] *Machinery*. 2011, Vol.8, pp.8-14.
8. Dong-mei C.K.Z., Rui-xi W.U. Elementary introduction of CATIA software's application on ship-building *Journal of Qingdao Ocean Shipping Mariners College*. 2008, Vol.4.
9. Zyablov O.K., Kochnev YU.A. Obzor sovremennykh CAD/CAM/CAE sistem i perspektivy ikh primeneniya na otechestvennykh sudoremontnykh predpriyatiyakh. [Review of current CAD/CAM/CAE systems and the prospects of applications in the domestic ship repair company] *Russian Journal of Water Transport*. 2015, no.44, pp.168-175, (In Russ).
10. Davydova S.V., Mochalov K.P. Sravnitel'nyj analiz sozdaniya teoreticheskogo chertezha v programmakh "TKORPUS" i "FREESHIP". [Comparative analysis of the creation of a theoretical drawing in the programs «Tkorpus» and «FreeShip»] *Russian Journal of Water Transport*. 2022, no.72, pp.30-40, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi72.276
11. Klimenko E.S., Borodina L.N., Rychenkova A.YU. Prikladnoe ispol'zovanie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya pri modelirovanii mekhanizmov i mashin na morskome transporte. [Applied use of computer-aided design systems for modeling mechanisms and machines in marine transport] *Russian Journal of Water Transport*. 2018, no.57, pp.38-44, (In Russ).
12. Goravneva T.S., Semenova-Tyan-Shanskaya V.A. Modelirovanie korpusa sudna v SAPR KOMPAS 3D. [Ship hull modeling in CAD COMPASS 3D] *SAPR i grafika*. 2019, no.4, pp.57-61, (In Russ).
13. Dmitriev S.A., Rakov V.L., Chekhovich S.V. Sozdanie teoreticheskogo chertezha korpusa sudna s ispol'zovaniem SAPR KOMPAS. [Creating a theoretical drawing of the ship's hull using the COMPASS CAD system] *SPb.: SPBGMTU Publ*, 2015. 176 p.
14. Popov E.V., Shorkina I.N. Avtomatizaciya modelirovaniya poverkhnosti sudovogo korpusa. [Automation of modeling the surface of the ship's hull] *Omskij nauchnyj vestnik*. 2023, no.4 (188), pp.13-2., (In Russ).

15. Rychenkova A.Yu., Klimenko E.S., Borodina L.N. Geometricheskoe modelirovanie i ocenka kachestva karkasnoj poverkhnosti korpusa sudna v SAPR Kompas-3D. [Geometric modeling and quality assessment of the hull frame surface in compass-3d cad] *Russian Journal of Water Transport*. 2020, no.62, pp.81-90, (In Russ). DOI:10.37890/jwt.vi62.49.
16. Rychenkova A.Yu., Klimenko E.C. Borodina L.N. Introduction of oblique sections into the curves web in modeling the framing of a vessel hull in KOMPAS-3D. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, Vol.2032.012142.10.1088/1742-6596/2032/1/012142.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Рыченкова Анна Юрьевна, к.т.н,
доцент кафедры «Механика и инженерная
графика», Государственный морской
университет им. адмирала Ф.Ф.Ушакова,
353918, г. Новороссийск, пр. Ленина, 93,
e-mail: anar4230@mail.ru

Anna Yu Rychenkova, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor of the Department
«Mechanics and Engineering Graphics», Admiral
ushakov maritime state university, 93 Lenin
Ave., Novorossiysk, 353918, e-mail:
anar4230@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.06.2024; опубликована онлайн 20.09.2024.
Received 14.06.2024; published online 20.09.2024.