

УДК 629.12.001

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi63.76>

ПРИНЦИПЫ СИСТЕМАТИЗАЦИИ СУДОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ БУКСИРНЫХ СУДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

С.В. Давыдова,

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

И.В. Андриянов,

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Работа посвящена вопросам разработки судовой поверхности буксирного судна интерполяционным методом на ранних стадиях проектирования. Разрабатываемый теоретический чертеж корпуса буксира должен максимально соответствовать заданным параметрам, а именно расчетным значениям коэффициента общей полноты и относительной абсциссе центра величины. Приведены принципы подхода к систематизации существующих корпусов судов и оценена возможность их применения для разработки теоретической поверхности с заданными параметрами. В результате анализа были проведены систематизация и отбор наиболее подходящих для обработки корпусов. Многообразие форм корпусов удалось привести к единому виду, что необходимо для проведения интерполяции и, как следствие, создания нового корпуса с заданными характеристиками. Принятый подход по разработке судовой поверхности может быть использован для автоматизации процесса ее получения.

Ключевые слова: интерполяционный метод, коэффициент общей полноты, абсцисса центра величины, обводы корпуса буксирного судна.

Введение

Разработка судовой поверхности является важнейшим этапом проектирования судна. Аналитические способы ее формирования позволяют получить судовую поверхность в кратчайшие сроки и с высоким качеством. В настоящее время продолжают работы по дальнейшему усовершенствованию методов конструирования судовых поверхностей и дальнейшей автоматизации разработки теоретического чертежа [1, 2, 3] и сглаживания судовых обводов при наличии ординат теоретического корпуса [4, 5]. Сложность судовых обводов является основной преградой для создания универсальных программ, позволяющих автоматизировать получение судовой поверхности, максимально соответствующей заданным параметрам [6, 7, 8].

Несмотря на то, что интерполяционный метод позволяет с высокой степенью точности получить ординаты теоретического чертежа, соответствующие расчетным геометрическим параметрам, применение его не является распространенным из-за особенностей реализации. Это связано, например, с тем, что для получения судовых обводов выполняется интерполяция между выбранными теоретическими корпусами судов – прототипов. Выбор корпусов должен учитывать особенность судовых обводов более детально, что вызывает необходимость выполнить систематизацию корпусов буксирных судов с целью разработки теоретического чертежа буксирного судна интерполяционным методом.

Систематизация корпусов буксирных судов для интерполяционного метода

Буксирные суда относятся к распространенной категории судов, выполняющих разноплановые задачи и отличающимися разнообразными условиями эксплуатации. Они могут относиться как к морским судам, так и к судам внутреннего плавания [9]. Буксирные суда обеспечивают проводку крупнотоннажных составов из барж, выполняют внутрипортовые перестановки, оказывают помощь терпящим бедствие судам и т.д.

Классификация буксирных судов выполняется по ряду основных признаков, а именно: по району плавания, по назначению буксирных судов, ледовым качествам, типу судовой силовой установки, числу гребных винтов. Разнообразие задач, решаемых буксирными судами и условий их плавания привело к созданию судов, отличающихся широким диапазоном мореходных качеств и эксплуатационно-технических характеристик. Это, в свою очередь, повлияло на появление судов с множеством архитектурных, конструктивных решений и форм корпуса.

Однако, несмотря на вышесказанное, для разработки корпуса буксирного судна на ранних стадиях проектирования также можно воспользоваться интерполяционным методом. Исходными данными для разработки теоретического чертежа, кроме главных размерений судна, являются коэффициенты полноты и абсцисса центра величины [10, 11]. Именно указанные параметры определяют основной характер обводов корпуса судна. Однако величины коэффициентов полноты грузовой ватерлинии α и погруженной части мидель-шпангоута для одного типа судов изменяются в очень узком диапазоне значений, и эти изменения незначительны на начальных стадиях проектирования. Таким образом, интерполяцию достаточно проводить по двум параметрам, а именно: коэффициенту общей полноты корпуса судна δ и абсциссе центра величины x_c . При интерполяции корпуса по двум параметрам в качестве исходных данных необходимо иметь четыре корпуса судов прототипов.

Введем следующие обозначения: коэффициент полноты и относительную абсциссу центра величины первого прототипа обозначим δ_1, x_{c1} ; второго прототипа δ_2, x_{c2} ; третьего прототипа δ_3, x_{c3} ; четвертого прототипа δ_4, x_{c4} . Для проектируемого судна соответствующие характеристики обозначим соответственно δ_0, x_{c0} .

Для параметров проектируемого судна должны выполняться следующие ограничения:

$$\delta_1 \leq \delta_0 \leq \delta_2 \text{ и } x_{c1} \leq x_{c0} \leq x_{c2} .$$

Кроме приведенных параметров, выбор корпусов должен учитывать форму судовой поверхности. Проблемы выбора прототипов связаны с многообразием форм обводов носовых и кормовых оконечностей, обусловленных вальностью движительно-рулевого комплекса, размерами винта и т.д. Задача может быть решена, если объединить суда, имеющих подобные обводы корпусов в группы и на основании этих данных генерировать корпуса судов с заданными параметрами. Необходимо систематизировать существующие варианты буксирных судов по форме носовых, кормовых оконечностей, а также средней части корпуса судна, количеству пересечений шпангоутной ветки с каждой ватерлинией [12, 13].

По существующей традиционной классификации формы судовой поверхности буксиров, в носовой оконечности выделяют формы двух видов U-образные и V-образные. Форма поверхности определяется углом наклона шпангоута и форштевня (рисунок 1).

V-образные оконечности встречаются чаще, так как обеспечивают лучшую устойчивость на курсе и отсутствие слеминга. Оконечность U-образной формы, как правило, применяется на буксирах – толкачах, что говорит о многофункциональности судов. В данной работе исследования по применению интерполяционного метода были применены для судов с носовыми оконечностями V-образной формы.

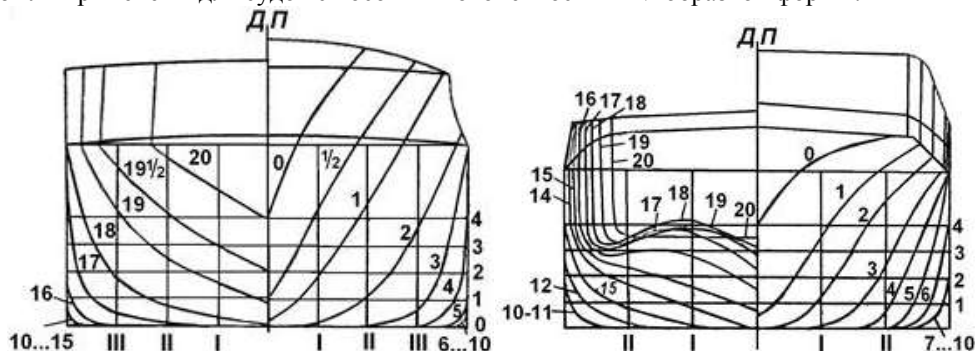


Рис. 1. Форма корпуса с U- и V-образной носовой оконечностью

Средняя часть корпуса буксирного судна может иметь килеватость, развал бортов и другие особенности. Систематизация была выполнена для наиболее распространенного варианта, не имеющего развала бортов и килеватости.

Кормовые оконечности буксиров также имеют два варианта: с «туннелями» и без них. При разработке кормовой оконечности на ее форму значительно влияет «вальность» движительно-рулевого комплекса. Также на формирование кормовой оконечности большое влияние оказывают параметры и место расположения винта. Обводы, принимаемые кормовой оконечностью, могут быть как плавными, так и с линиями сломов. В данном проекте для разработки корпуса интерполяционным методом исследовался вариант кормовой оконечности с туннельными образованиями и имеющий плавные обводы.

С целью выбора корпусов для возможности использования их в качестве прототипов были проанализированы суда проектов, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Суда – буксиры

Название (Проект)	Назначение судна	Класс	L/B	B/T	H/T	δ	β	α	N
81170	Толкание сухогрузных составов	O	3,2	7,69	2,07	0,65	0,99	0,85	440 кВт
758Б	Толкание и буксировка сухогрузных составов	M	4,69	4,63	1,8	0,623	0,988	0,85	800 э.л.с.
947	Буксировка двухниточных сухогрузных составов	O	3,67	4,53	1,43	0,832	0,931	0,515	4000 э.л.с.
T63	Одновинтовой буксир	O	4,83	4,06	2,52	0,46	0,683	0,835	235 э.л.с.
749	Буксировка судов всех типов	O	4,4	4,97	1,93	0,632	0,995	0,865	1340 э.л.с.

Название (Проект)	Назначение судна	Класс	L/B	B/T	H/T	δ	β	α	N
758	Толкание секционных и баржевых составов	O	4,69	4,58	1,78	0,64	0,875	0,995	800 э.л.с.
P33-03-24	Буксир-плотовод	O	4,21	5,84	1,92	0,575	0,906	0,791	600 л.с.
1741A	Толкание несамоходных составов	P	3,875	6,557	2,21	0,645	0,995	0,847	600 л.с.
911	Толкач-буксир	P	4,15	3,66	2	0,62	0,97	0,83	220
574	Буксир	O	5,125	3,5	1,4	0,541	0,811	0,82	600

В таблице представлены суда внутреннего плавания с дизельной судовой установкой, с одним или двумя гребными винтами и типами судовой поверхности, указанные выше, а именно с V-образной носовой оконечностью, не имеющие развала бортов, килеватости и с туннельными образованиями [14, 15].

Исследование показало, что в рассматриваемом перечне судов можно выделить три группы судов с подобными обводами. В рамках отдельной группы возможно применение интерполяционного метода. Рассмотрим подробнее каждую из выделенных групп типов судовых обводов.

Форма корпуса судна 1-й группы имеет следующие особенности: носовая оконечность выполнена V-образной формы; кормовая оконечность имеет транцевую форму; в кормовой оконечности расположены туннели; переходы от днища к борту в «туннелях» плавные; развала бортов отсутствует, судно имеет килеватую форму (рисунок 2).

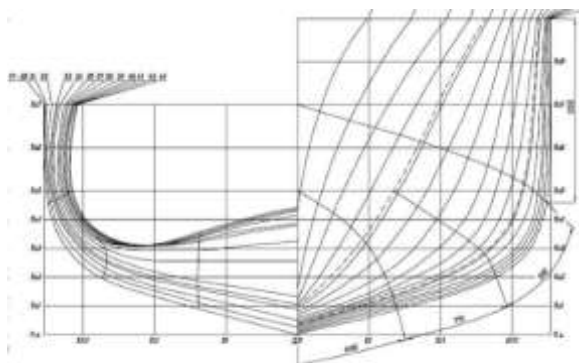


Рис. 2. Форма корпуса судна 1 группы

Форма корпуса судна 2-й группы имеет следующие особенности: носовая оконечность имеет V-образную форму; шпангоуты имеют форму двойной кривизны; кормовая оконечность имеет транцевую форму; в кормовой оконечности расположены туннели; переходы от днища к борту в «туннелях», резкие; развал бортов отсутствует; не килеватое (рисунок 3).

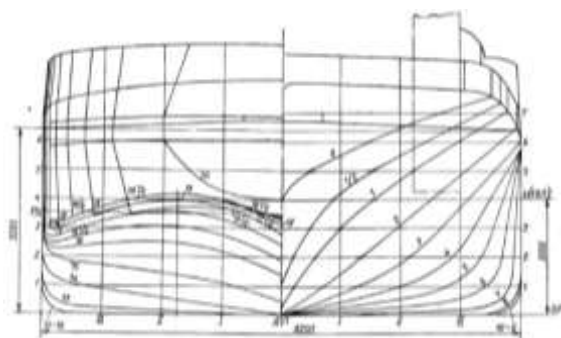


Рис. 3. Форма корпуса судна 2 группы

Форма корпуса судна 3-й группы имеет следующие особенности: носовая оконечность выполнена в V-образной форме; шпангоуты имеют форму двойной кривизны; кормовая оконечность имеет транцевую форму; в кормовой оконечности расположены туннели; переходы от днища к борту в «туннелях» плавные; развал бортов отсутствует; не килеватое (рисунок 4).

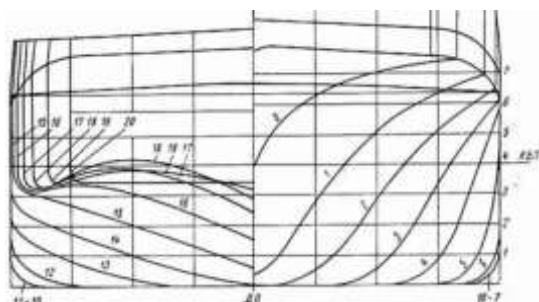


Рис. 4. Форма корпуса судна 3 группы

Результаты анализа сведены в таблицу 2, в которой представлены варианты буксирных судов, систематизированные по группам в соответствии с приведенными выше требованиями. В таблице указаны номера проектов судов и их характеристики. Группы 2 и 3 оказались многочисленнее, что облегчает дальнейший подбор корпусов для выполнения расчетов интерполяционным методом.

Таблица 2

Систематизация корпусов буксирных судов

Группа 1	Группа 2	Группа 3
№ пр. 10 з-да «Кр. Сормово», $\delta=0.645$	№ пр. 758В, $\delta=0.623$, $X_c=19.85$	№ пр. 749, $\delta=0.632$, $X_c=2.02$
№ пр. Т63, $\delta=0.46$, $X_c=-0.02$	№ пр. 758, $\delta=0.64$, $X_c=0.58$	№ пр. 1566, $\delta=0.565$
№ пр. 376, $\delta=0.47$	№ пр. 758АМ, $\delta=0.64$, $X_c=0.64$	№ пр. 911, $\delta=0.620$, $X_c=0.46$
	№ пр. 574, $\delta=0.525$, $X_c=0.55$	№ пр. 911В, $\delta=0.642$, $X_c=0.31$
	№ пр. 703, $\delta=0.645$	№ пр. 842, $\delta=0.557$
	№ пр. 758, $\delta=0.64$, $X_c=0.$	№ пр. 887, $\delta=0.512$, $X_c=0.68$
	№ пр. 45.599, $\delta=0.552$, $X_c=-0.59$	№ пр. Р-33, $\delta=0.575$, $X_c=-0.02$
		№ пр. 908 $\delta=0.587$ $X_c=0.64$
		№ пр. 947 $\delta=0.515$ $X_c=1.85$

		№ пр. 45.392-111-02 $\delta=0.609$, $X_c=-0.33$
--	--	---

Как было отмечено ранее, для более точного генерирования корпусов судов прототипы следует выбирать по заданным параметрам и форме корпуса. Коэффициент полноты водоизмещения прототипов, а также ордината центра величины должны удовлетворять условиям, описанным выше. Поясним на примере обоснование выбора четырех корпусов для интерполяции. Таким образом, в третьей группе судов прототипов из таблицы 2 четыре проекта соответствуют поставленным условиям, а именно – проект 908 ($\delta_1=0,587$, $x_{c1}=0,64$), проект P-33 ($\delta_1=0,575$, $x_{c2}=-0,02$), проект 749 ($\delta_2=0,632$; $x_{c3}=2,02$) и проект 911 ($\delta_2=0,620$; $x_{c4}=0,46$).

На основании принятых для интерполяции проектов выполняется разработка корпуса буксирного судна с коэффициентом полноты водоизмещения и ординатой центра величины в диапазоне характеристик выбранных судов.

Заключение

В результате анализа судов, проходивших эксплуатацию при различных условиях плавания многие годы, были отобраны наиболее подходящие для обработки корпуса. Многообразие форм корпусов удалось привести к единому виду, включающему в себя особенности строения носовой и кормовой оконечности, что необходимо для проведения интерполяции и, как следствие, созданию нового корпуса. Представленная модель позволяет выполнить разработку поверхности в автоматизированном виде и расширять список судов для получения ординат теоретического чертежа. Результаты работы позволяют получить теоретический чертеж в кратчайшие сроки и могут использоваться как в учебном процессе, так и в научной работе.

Список литературы:

1. Давыдова С.В. Автоматизация генерации ординат теоретического чертежа интерполяционным методом «Вестник ВГАВТ» №56 2018.
2. Фомин Б. Rhinoceros. NURBS моделирование для Windows. Изд.: Robert McNeel & Associates 2006 289 с.
3. Фомин. Б. Справочное руководство по Rhinoceros 3D (Manual RUS). Изд.: Robert McNeel & Associates 2005 289 с.
4. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
5. Cliff W. Estes (BaseLine Technology), Rhinoceros Advanced Training Series. Marine Design (<http://www.yugzone.ru/x/rhinoceros-advanced-training-series/>)
6. Groon D.J. Desinging curved surface with analitical functions. Computer Aided Desinging, 1977, v/ 9, p. 3–8.
7. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
8. Groon D.J. Desinging curved surface with analitical functions. Computer Aided Desinging, 1977, v/ 9, p. 3–8.
9. Роннов Е.П., Любимов В.И. Особенности проектирования толкаемых составов внутреннего плавания. Методическое пособие. – Н. Новгород. Изд-во ГОУ ВПО ВГАВТ. 2003. – 32 с.
10. Ашик В.В. Проектирование судов / В.В. Ашик – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1985. – 318 с.
11. Ашик В.В. Интерполяционный способ построения теоретического чертежа. Судостроение, 1962, № 2, с. 9–11.
12. Богданов Б.В. Толкачи и баржи для толкания / Б.В. Богданов- Москва, 1959–239 с.
13. Богданов Б.В., Слуцкий А.В. и др. Буксирные суда. – Л.: Судостроение, 1974. – 280 с.
14. Богданов Б.В., Алчуджан Г.А. и др. Проектирование толкаемых составов и составных судов. – Л.: Судостроение, 1981. – 224 с.

15. Алчуджан Г.А. Мощные буксиры зарубежного флота-Информационный сборочник ЦНИИМФ, 1963, вып. 95, с 52–67.

PRINCIPLES OF THE TUGBOATS' SURFACE SYSTEMATIZATION IN THE DEVELOPMENT OF THEORETICAL DRAWING BY THE INTERPOLATION METHOD

Svetlana V. Davydova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Ivan V. Andriyanov,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The work is devoted to the issues of the tugboat's surface development by the interpolation method at the early design stages. The developed theoretical drawing of the tugboat's hull should correspond as much as possible to the specified parameters, namely, the calculated values of the overall completeness ratio and the relative abscissa of the magnitude center. The principles of the approach to existing ship hulls' systematization are given and the possibility of their application for developing a theoretical surface with the specified parameters is evaluated. As a result of the analysis, systematization and selection of the most suitable hulls for processing were carried out. The variety of hull shapes has been successfully brought to a single system, which is necessary for interpolation, and consequently for creation of a new hull with the specified parameters. The adopted approach to the ship surface development can be used to automate the process of obtaining it.

Keywords: interpolation method, overall completeness ratio, abscissa of the magnitude center, tugboat hull contours.

References:

1. Davydova S.V. Automation of generation of ordinates of a theoretical drawing by interpolation method. «Vestnik VGAVT» №56, 2018.
2. Fomin B. Rhinoceros. NURBS Modeling for Windows Фомин Б. Rhinoceros. NURBS моделирование для Windows. Изд.: Robert McNeel & Associates 2006 289 p.
3. Фомин. Б. Справочное руководство по Rhinoceros 3D (Manual RUS). Изд.: Robert McNeel & Associates 2005 289 p.
4. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
5. Cliff W. Estes (BaseLine Technology), Rhinoceros Advanced Training Series. Marine Design (<http://www.yugzone.ru/x/rhinoceros-advanced-training-series/>.)
6. Groom D.J. Desining curved surface with analitical functions. Computer Aided Desining, 1977, v/ 9, p. 3–8.
7. David F. Rogers: An Introduction to NURBS with Historical Perspective, Morgan Kaufmann Publishers 2001.
- 8 Groom D.J. Desining curved surface with analitical functions. Computer Aided Desining, 1977, v/ 9, p. 3–8.
9. Ronnov E.P., Lyubimov V.I. Design features of pushed inland navigation compositions. Toolkit. – N. Novgorod. Publishing house GOU VPO VGAVT. 2003 . – 32 p.
10. Ashik V.V. Proektirovanie sudov: Uchebnik. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Sudostroenie, 1985. – 320 p.
11. Ashik V.V. Interpolation method of constructing a theoretical drawing. Shipbuilding, 1962, № 2, с. 9–11.
12. Bogdanov B.V. Pushers and barges for pushing / B.V. Bogdanov – Moscow, 1959-239 p.
13. Bogdanov B.V., Slutsky A.V. and other towing vessels. – L.: Shipbuilding, 1974. – 280 p.
14. Bogdanov B.V., Alchujan G.A. and others. Design of pushed convoys and compound ships. – L.: Shipbuilding, 1981. – 224 p.

15. Alchujan G.A. Powerful tugs of the foreign fleet – Information collection TsNIIMF, 1963, № 95, p 52–67.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Светлана Викторовна Давыдова, к.т.н.,
доцент, Волжский государственный
университет водного транспорта (ФГБОУ ВО
«ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

Иван Валерьевич Андриянов, магистрант
кафедры «Проектирования и технологии
постройки судов», Волжский государственный
университет водного транспорта (ФГБОУ ВО
«ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

Svetlana V. Davydova, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor, Federal State-
Financed Educational Institution of Higher
Education Volga State University of Water
Transport (VSUWT),
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, Russia,
603951

Ivan V. Andriyanov, student of the Department
of «Design and shipbuilding technology», Volga
State University of Water Transport,
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,

Статья поступила в редакцию 06.05.2020 г.

