

## Проектирование и конструкция судов

Научная статья  
УДК 629.125  
<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/15-23>

С.В. Антоненко, И.В. Ведюшенко, В.В. Зимакин, С.А. Шевцов

АНТОНЕНКО СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – д.т.н., профессор, [sergey.antonenko.43@mail.ru](mailto:sergey.antonenko.43@mail.ru),  
<https://orcid.org/0000-0001-8127-4625>

ВЕДЮШЕНКО ИЛЬЯ ВИТАЛЬЕВИЧ – бакалавр, [vediushenko.iv@students.dvfu.ru](mailto:vediushenko.iv@students.dvfu.ru)

ЗИМАКИН ВЯЧЕСЛАВ ВАЛЕРЬЕВИЧ – бакалавр, [zimakin@list.ru](mailto:zimakin@list.ru)

ШЕВЦОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – бакалавр, [serg110301@mail.ru](mailto:serg110301@mail.ru)

Политехнический институт

*Дальневосточный федеральный университет*

Владивосток, Россия

## Проектирование деревянного исторического судна

**Аннотация.** В статье представлен опыт проектирования деревянного исторического судна по Правилам Российского морского регистра судоходства. Определены характеристики набора судна, рассчитаны масса и координаты центра тяжести деревянного корпуса и судна в целом, произведены расчеты по статике и динамике судна, выполнена проверка минимального надводного борта, построены конструктивные чертежи, чертежи общего расположения, гребного винта, а также план вместимости. Результаты работы предполагается использовать в составе проектной документации судна для получения класса Российского морского регистра судоходства.

**Ключевые слова:** поморская шхуна, проектирование судна, САПР SolidWorks, нагрузка судна

**Для цитирования:** Антоненко С.В., Ведюшенко И.В., Зимакин В.В., Шевцов С.А. Проектирование деревянного исторического судна // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 4(57). С. 15–23.

### Введение

В настоящее время деревянное судостроение не считается особо актуальным. Однако в последнее время наблюдается всплеск интереса к восстановлению исторических деревянных судов. Примерами таких проектов являются голландский корабль «Батавия» и французский корабль «Гермиона». В 2012 г. в Санкт-Петербурге началась предварительная работа над проектом «Полтава». В процессе сбора материалов и документов для проекта команда реконструкторов столкнулась с некоторыми сложностями, включая отсутствие правил для строительства деревянных судов в России после 1944 г. Поэтому для постройки «Полтавы» были разработаны специальные технические условия, которые послужили основой для новых Правил Российского морского регистра судоходства (РМРС), принятых в 2021 г.

В марте 2022 г. в Дальневосточный федеральный университет поступило обращение от автономной некоммерческой организации «Товарищество поморского судостроения» с просьбой о помощи в разработке проекта судна «Поморская шхуна» [1], которое классифицируется по парусному вооружению как гафельная двухмачтовая шхуна. Они предоставили проект технического задания, теоретический чертеж и эскиз планировки судна. Нами было принято решение оказать посильную помощь в разработке проектной документации для этого проекта.

Основные характеристики судна по техническому заданию:

длина наибольшая, м	~ 19,5;
длина по конструктивной ватерлинии, м	~ 17,3;
ширина наибольшая по корпусу, м	~ 6,7;

осадка средняя, м	~ 2,5;
полное водоизмещение, т	~ 60;
площадь парусности, м <sup>2</sup>	~ 300.

Дальность плавания со скоростью 8 узлов составляет 2000 миль.

Задание от Товарищества поморского судостроения предполагало выполнение проекта практически в полном объеме. Но в связи с отсутствием в команде специалистов в области судовых энергетических установок и судовой электрики, а также недостатком финансирования работ была выполнена только часть проекта, связанная с корпусом.

### Цель статьи

Заключается в обосновании решений по составлению проектной документации для деревянного исторического судна согласно принятым в 2021 г. Правилам РМРС [2]. Для этого были решены следующие задачи:

1. Доработка предоставленного теоретического чертежа и его оцифровка.
2. Расчет кривых элементов теоретического чертежа.
3. Определение характеристик элементов набора в соответствии с Правилами РМРС.
4. Построение конструктивных чертежей.
5. Расчет массы и координат центра тяжести деревянного корпуса с использованием программы SolidWorks.
6. Расчет водоизмещения в первом и втором приближении.
7. Расчеты по статике и динамике корабля.
8. Расчет минимального надводного борта.
9. Построение чертежей: общего расположения, плана вместимости, гребного винта.

### Методы исследования

1. Расчет кривых элементов теоретического чертежа производился по смешанному правилу Чебышева и трапеций.
2. Для расчета массы и координат центра тяжести криволинейных элементов использовались трехмерные модели, построенные в среде SolidWorks, а для элементов, имеющих двухмерную кривизну, – схемы элементов набора.
3. Для расчета сопротивления воды движению судна применялся метод В.А. Ерошина.
4. При расчете непотопляемости использовался метод постоянного водоизмещения.
5. Расчет винта производился по диаграммам для серии гребных винтов, испытанных в Вагенингенском опытовом бассейне (Нидерланды).

### Решение задач и результаты

#### 1. Теоретический чертеж

Заказчиком был передан теоретический чертеж судна, но проекции не были согласованы. Было решено привести теоретический чертеж судна в надлежащий вид (рис. 1). Учитывались особенности, характерные для теоретического чертежа деревянных судов. Первая заключается в том, что для судов с неметаллической наружной обшивкой теоретическая поверхность корпуса совпадает с наружной поверхностью обшивки без учета местных утолщений. Вторая особенность является следствием первой: брусковый киль как местное утолщение занимает определенное положение на корпусе судна, поэтому основная плоскость теоретического чертежа проходит по верхним кромкам шпунтовых поясьев в плоскости мидель-шпангоута.

Для выполнения различных кораблестроительных расчетов чертеж был оцифрован.

#### 2. Кривые элементов теоретического чертежа

Для расчета гидростатических характеристик был применен комбинированный метод, включающий правило Чебышева и метод трапеций. Сначала был перестроен корпус с использованием правила Чебышева для 9 шпангоутов. Далее использовался метод трапеций

для равноотстоящих ватерлиний. По результатам расчетов построена диаграмма кривых элементов теоретического чертежа (рис. 2) [3].

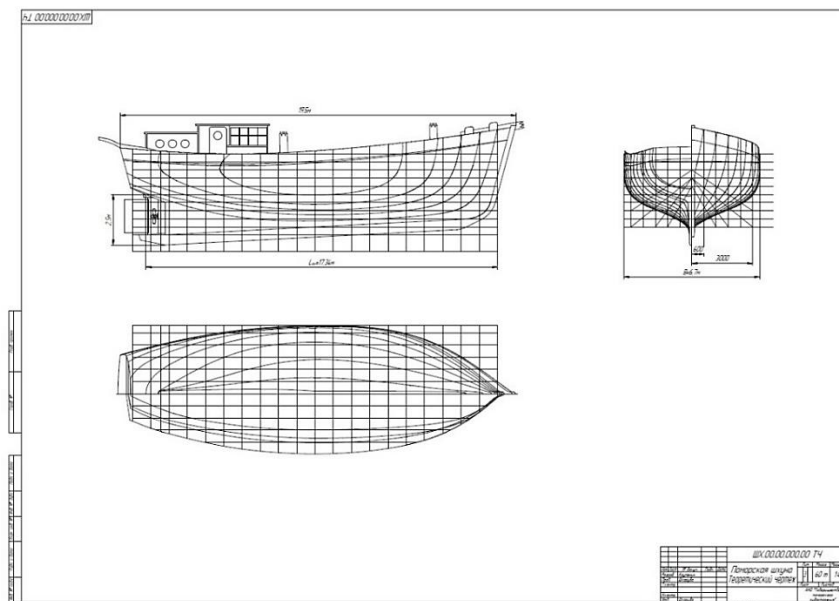


Рис. 1. Разработанный теоретический чертеж

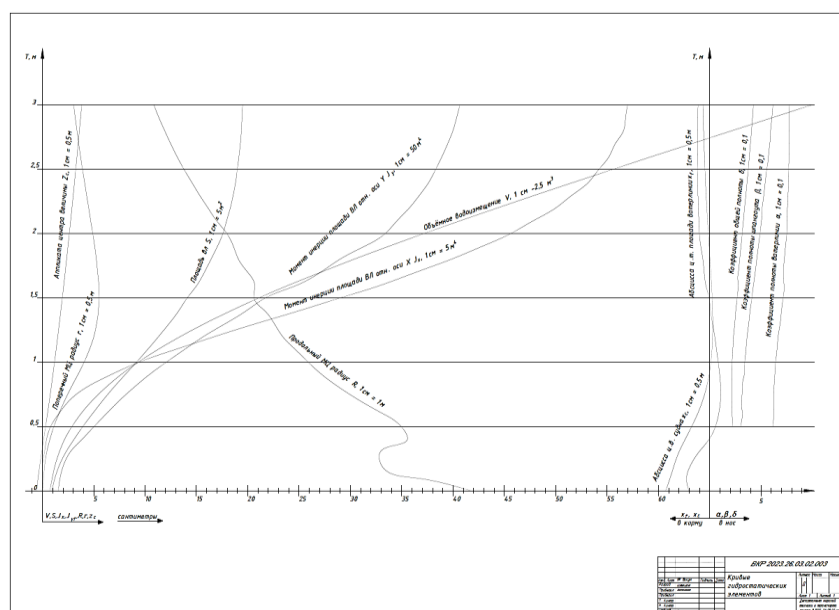


Рис. 2. Кривые элементов теоретического чертежа

### 3. Характеристики элементов набора

Для судна принята поперечная система набора с гнутыми шпангоутами. Суда с гнутыми шпангоутами обладают рядом преимуществ. Во-первых, они имеют меньший вес и позволяют более эффективно использовать внутренний объем судна. Это означает, что можно получить больше полезного пространства для грузов или пассажиров, что особенно важно для коммерческих судов. Во-вторых, гнутые шпангоуты обеспечивают достаточную прочность корпуса. Суда с гнутыми шпангоутами могут выдерживать значительные механические нагрузки, такие как волны, сильные ветры или воздействие при столкновении с другими судами или препятствиями. Клееные гибкие шпангоуты обеспечивают удивительную гибкость в выборе конструкции. Они могут быть созданы из различного количества тонких деревянных досок. Поскольку клееные шпангоуты могут иметь любую высоту и способны принимать нужную кривизну, можно строить суда практически без ограничений по размерам и форме корпуса.

Для постройки шхуны применяется рудовая сосна плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ . Гнутые элементы набора выполняются из клееного бруса. По СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» плотность клееной древесины следует принимать такую же, как у неклееной.

По Правилам РМРС были подобраны геометрические характеристики элементов набора, включая рангоут [4].

#### 4. Конструктивные чертежи

По данным третьего пункта были выполнены чертежи: конструктивного мидель-шпангоута, конструктивного продольного разреза по диаметральной плоскости (здесь не приводятся ввиду обилия мелких деталей) и чертежи некоторых узлов (рис. 3, 4).

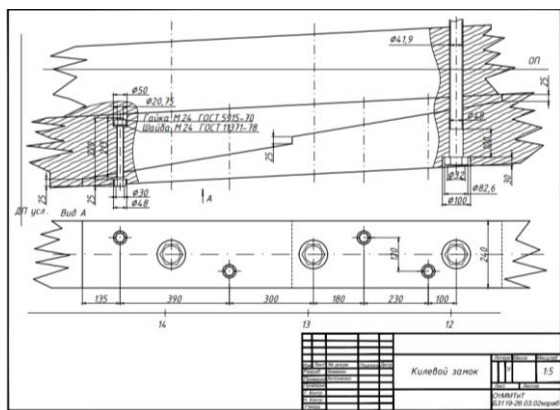


Рис. 3. Килевой замок

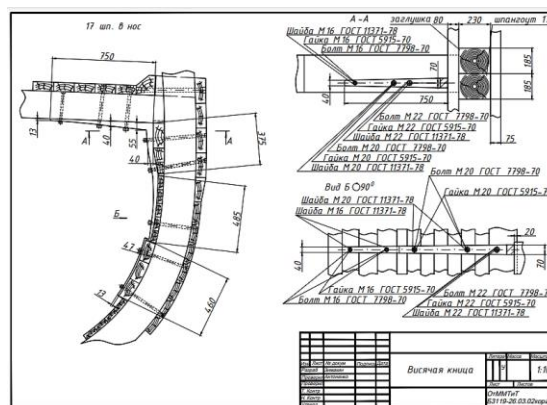


Рис. 4. Висячая кница

#### 5. Масса и координаты центра тяжести (ЦТ)

Ввиду отсутствия достоверных данных о положении ЦТ и массовых характеристиках корпуса деревянного судна для дальнейшего проектирования потребовалось произвести прямой расчет массы и координат ЦТ. Была выполнена разбивка корпуса на статьи нагрузок: набор, переборки, бортовая обшивка, настил нижней палубы, настил верхней палубы, внутренняя обшивка и рангоут. Заметим, что каждый шпангоут рассчитывался отдельно, начало координат располагалось на миделе на уровне основной плоскости.

Для расчета массы и координат ЦТ криволинейных элементов использовались трехмерные модели, построенные в среде SolidWorks (рис. 5), а для элементов, имеющих двухмерную кривизну, – схемы элементов набора.

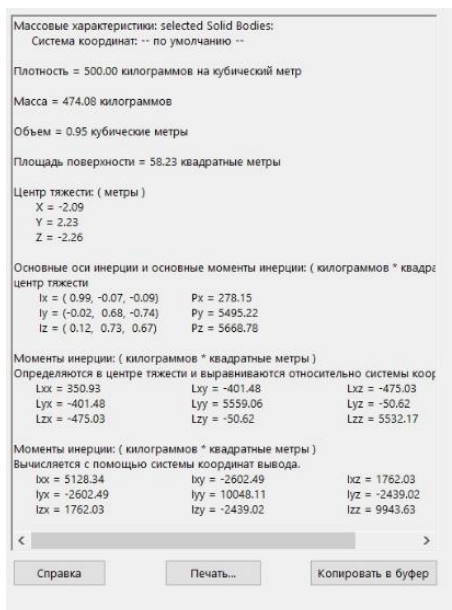


Рис. 5. Расчет массы внутренней обшивки в среде SolidWorks

Общая масса составила 32,57 т, координаты ЦТ:  $x = 0,10$  м;  $z = 2,84$  м. Также по прототипу, найденному в книге «Морские деревянные суда» [5], были учтены статьи нагрузок: металлические крепления; осмолка, окраска и конопатка; оснастка и оборудование помещений. Итого общая масса корпуса составила 36,72 т с координатами:  $x = 0,10$  м и  $z = 2,75$  м [1].

**6. Водоизмещение в первом и втором приближении**

Поскольку для данного судна предоставлен теоретический чертеж с определенным положением конструктивной ватерлинии, его проектное водоизмещение определено с помощью кривых элементов теоретического чертежа. Поэтому исходя из заданного водоизмещения 61,4 т была рассчитана масса запасов и, как следствие, дальность плавания и автономность при ходе под дизелем. Дальность плавания составила 1370 миль, хотя в техническом задании было установлено 2000 миль, из чего следует, что задание дано некорректно.

Разница между двумя приближениями составила 1,7 т, что принимается в запас водоизмещения.

**7. Статика и динамика**

Был произведен расчет сопротивления воды движению судна по методу В.А. Ерошина. Полное сопротивление при заданной скорости 9 узлов составило 11,81 кН, а мощность главного двигателя из расчета гребного винта – 99,7 кВт. По этим результатам выбран двигатель Ivesco N67 150/N67 MNAM15 мощностью 110 кВт и частотой вращения 450 об/мин при прямой передаче на гребной винт.

Далее были рассчитаны для двух случаев (в полном грузу и при 10% запасов) загрузки: положения ЦТ судна, посадка и начальная остойчивость, остойчивость на больших углах крена, критерий погоды. Все характеристики остойчивости удовлетворяют требованиям РМРС [6]. Отметим, что влияние парусов при этом не учитывалось.

Для судов длиной от 15 до 20 м РМРС устанавливает 2-й ограниченный район плавания. Хотя по техническому заданию устанавливается неограниченный, что говорит о некорректности данного пункта технического задания.

Непотопляемость была рассчитана методом постоянного водоизмещения, но результаты заведомо некорректны, так как работающей методики для деревянных судов нет [7].

**8. Минимальный надводный борт**

По Правилам РМРС [8] был произведен расчет минимального надводного борта, который составил 428 мм. Принятый надводный борт – 1408,7 мм. По результатам расчетов была построена грузовая марка (рис. 6). Следовательно, судно имеет избыточный надводный борт. Существует возможность увеличить полезную грузоподъемность.

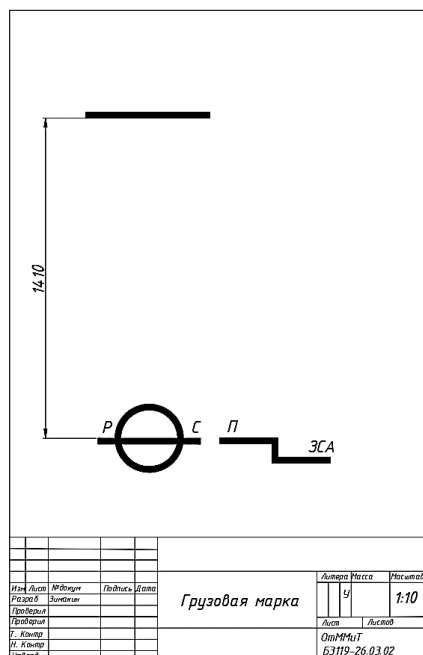


Рис. 6. Грузовая марка

9. Чертежи

Были построены чертежи: гребного винта (рис. 7), плана вместимости (рис. 8), общего расположения (рис. 9).

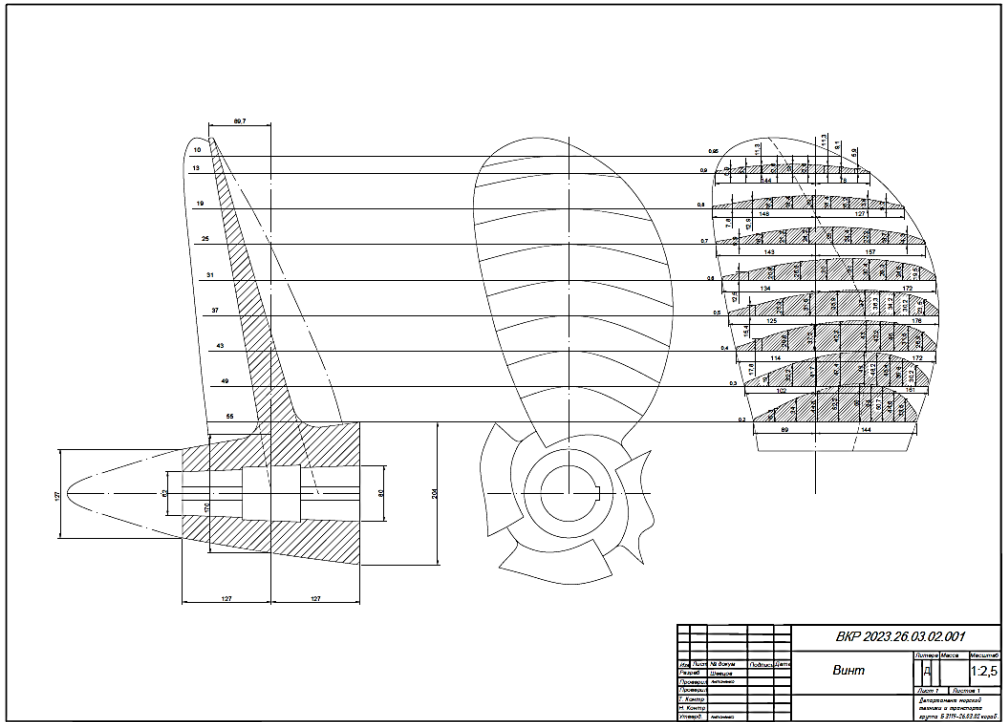


Рис. 7. Чертеж гребного винта

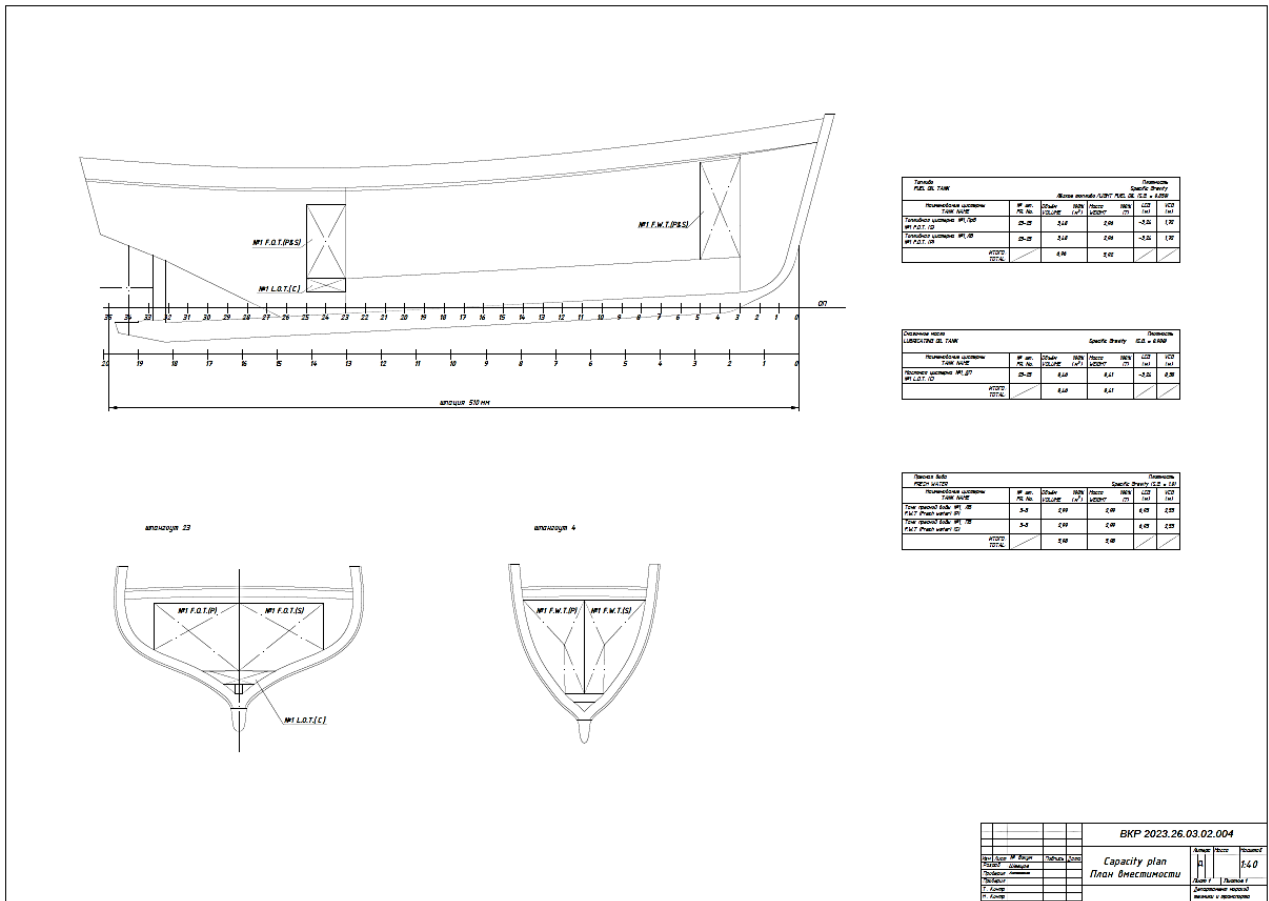


Рис. 8. План вместимости

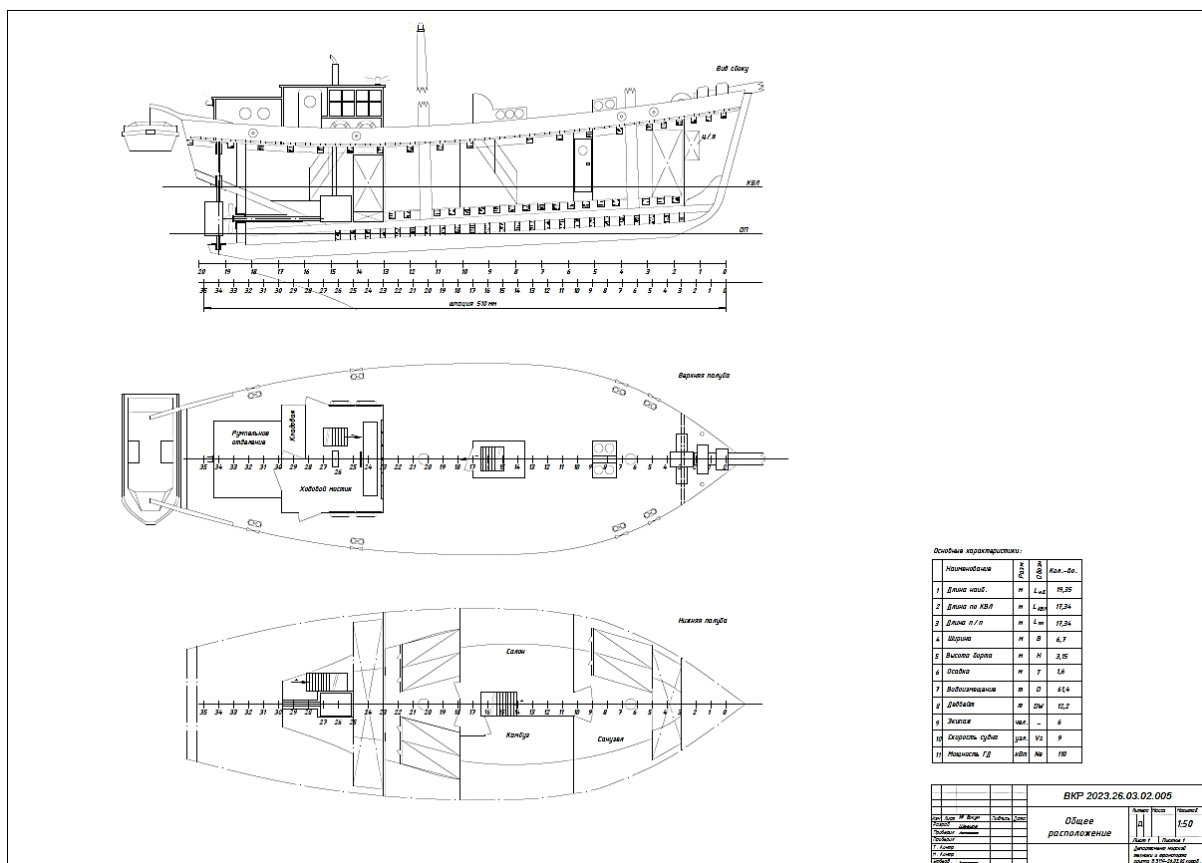


Рис. 9. Чертеж общего расположения

### Заключение

В результате выполненной работы подготовлена основная часть проекта деревянной исторической шхуны по корпусной части (включая рекомендации к подбору главного двигателя и гребного винта). Установлены достижимые проектные характеристики судна как парусно-моторной шхуны. Полученные материалы могут быть предоставлены в Инспекцию РМРС в составе комплекта проектной документации для получения документа о годности к плаванию.

В данной статье представлена только часть проектных исследований, а не полный проект судна. Дальнейшие работы будут выполняться по следующим направлениям: уточнение расчета ЦТ и поперечной остойчивости с учетом такелажа и парусов; уточнение расчета сопротивления движения судна при учете воздушного сопротивления рангоута и такелажа; расчет прочности и устойчивости мачт и стоячего такелажа; учет предельной скорости ветра при ходе под парусами в бейдевинд, соответствующей максимальной поперечной остойчивости шхуны и высоте надводного борта.

По имеющимся сведениям, строительство шхуны приостановлено. Товарищество занялось строительством более мелких объектов и отложило реализацию проекта на неопределенный срок. Если будут решены вопросы взаимодействия заказчика с ДВФУ и РМРС, работы предполагается продолжить до получения положительного результата.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Верфь Товарищества поморского судостроения. URL: <https://seapractic.ru/verf/> (дата обращения: 31.03.2022).

2. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки деревянных судов. Санкт-Петербург: Транспорт, 2021. 85 с.
3. Шевцов С.А., Ведюшенко И.В., Зимакин В.В., Антоненко С.В. Воссоздание исторического деревянного судна // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых, г. Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 г. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский гос. ун-т, 2022. С. 274–276. EDN: HSYDUS
4. Ведюшенко И.В., Зимакин В.В., Шевцов С.А. Определение размеров элементов набора корпуса деревянного судна // Молодежь и научно-технический прогресс: материалы региональной научно-практической конференции, Владивосток, май–июнь 2023 г. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2023. С. 562–566.
5. Терентьев Г.Б. Морские деревянные суда / под ред. Н.К. Дормидонтова. Ленинград: Судпромгиз, 1961. 248 с.
6. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть 4. Остойчивость. Санкт-Петербург: Транспорт, 2023. 81 с.
7. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть 5. Деление на отсеки. Санкт-Петербург: Транспорт, 2023. 61 с.
8. Российский морской регистр судоходства. Правила о грузовой марке морских судов. Санкт-Петербург: Транспорт, 2023. 97 с.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2023. N 4/57

*Ship design and construction*[www.dvfu.ru/en/vestnikis](http://www.dvfu.ru/en/vestnikis)

Original article

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/15-23>

Antonenko S., Vedyushenko I., Zimakin V., Shevtsov S.

SERGEY V. ANTONENKO, Doctor of Engineering Sciences, Professor,

sergey.antonenko.43@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8127-4625>ILYA V. VEDIUSHENKO, Bachelor, [vedyushenko.iv@students.dvfu.ru](mailto:vedyushenko.iv@students.dvfu.ru)VYACHESLAV V. ZIMAKIN, Bachelor, [zimakin@list.ru](mailto:zimakin@list.ru)SERGEY A. SHEVTSOV, Bachelor, [serg110301@mail.ru](mailto:serg110301@mail.ru)

Polytechnic Institute

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

## Designing of the wooden historic vessel

**Abstract.** The article presents the experience of designing a wooden historical vessel according to the Rules of the Russian Maritime Register of Shipping. The characteristics of the set of the vessel were determined, the mass and coordinates of the center of gravity of the wooden hull and the vessel as a whole were calculated, calculations were made on the statics and dynamics of the vessel, the minimum freeboard was checked, structural drawings, drawings of the general location, the propeller, as well as a capacity plan were built. The results of the work are supposed to be used as part of the design documentation of the vessel to obtain the Russian Maritime Register of Shipping class.

**Keywords:** pomor schooner, ship design, CAD SolidWorks, ship load

**For citation:** Antonenko S., Vedyushenko I., Zimakin V., Shevtsov S. Designing of the wooden historic vessel. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2023;(4):15–23. (In Russ.).

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.



## REFERENCES

1. Shipyard of Partnership of Pomeranian Shipbuilding. (In Russ.). URL: <https://seapractic.ru/verf/> – 31.03.2022.
2. Russian Maritime Register of Shipping. Rules of classification and construction of wooden ships. Saint Petersburg, Transport, 2021. 85 p. (In Russ.).
3. Shevtsov S.A., Vedyushenko I.V., Zimakin V.V. Recreating a historical wooden vessel. In: *Youth and science: Actual problems of fundamental and applied research: Materials of the V All-Russian National Scientific Conference of Young Scientists*. Komsomolsk-on-Amur, Komsomolsk State University, 2022. P. 274–276. (In Russ.).
4. Vedyushenko I.V., Zimakin V.V., Shevtsov S.A. Determining the size of the elements of the wooden vessel hull set. In: *Youth and scientific and technological progress: Materials of the Regional Scientific and Practical Conference, Vladivostok, May–June 2023*. Vladivostok, FEFU Publishing House, 2023. P. 562–566. (In Russ.).
5. Terentyev G.B. Marine wooden vessels. Edited by N.K. Dormidontov. Leningrad, Sudpromgiz, 1961. 248 p. (In Russ.).
6. Russian Maritime Register of Shipping. Rules of classification and construction of sea vessels. Part 4. Stability. Saint Petersburg, Transport, 2023. 81 p. (In Russ.).
7. Russian Maritime Register of Shipping. Rules of classification and construction of sea vessels. Part 5. Division into compartments. Saint Petersburg, Transport, 2023. 61 p. (In Russ.).
8. Russian Maritime Register of Shipping. Rules about the cargo brand sea vessels. Saint Petersburg, Transport, 2023. 97 p. (In Russ.).