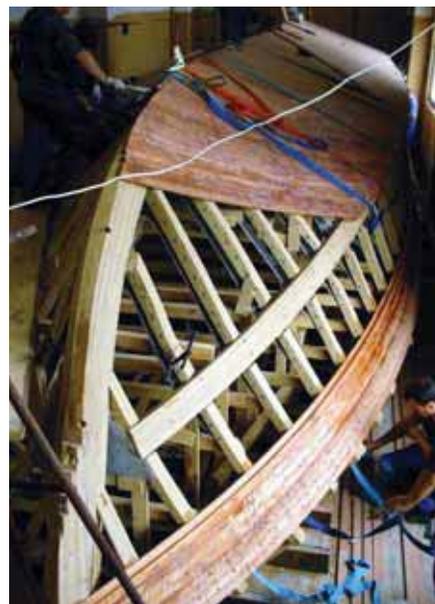


В «Кия» №238 мы кратко рассмотрели таблицу массовой нагрузки малого судна – ее состав, решаемые задачи и роль в процессе проектирования. Наиболее важный и трудоемкий раздел этой таблицы – определение массы корпусных конструкций, и в следующей ниже статье мы представляем более подробные рекомендации специалиста по данному вопросу.



Приближенное определение массы корпуса

А. И. Кузнецов, К.Т.Н., доцент

Зачем это нужно

Около 30 лет опыта автора в проектировании яхт и малотоннажных судов, а также в надзоре за строительством и оказании консультативных услуг, показывают, что нормальная, планируемая посадка проектируемых судов – скорее редкость, чем правило. Этому есть вполне объяснимые причины:

- полная процедура проектирования судна имеет итерационный характер («гоняем» параметры по кругу, пока не выйдем на желаемые величины), достаточно дорогостояща и трудоемка – еще до начала строительства на нее необходимо потратить 6–8 месяцев. При самострое, когда душа «рвется в бой», возможно и меньше, но при коммер-

ческом заказе есть риск выйти на нереальные для заказчика сроки исполнения (10–24 месяца на строительство плюс 6–8 на «прогонку» проекта – это многовато);

- как правило, закладка судна и постройка корпуса начинаются после принятия решений по архитектуре и общему расположению, а дальнейшее

Табл. 1. Данные для рис. 1 по проектам парусно-моторных и моторно-парусных яхт различных АКТ

| № | Название | Длина, м | Материал корпуса | Описание |
|---|--|----------|------------------|---|
| 1 | Ласточка  | 8.90 | Легкий сплав | Одномачтовая парусно-моторная яхта с протяженным балластным фальшкилем и относительно небольшой рубкой |
| 2 | Казантип-2  | 13.70 | Легкий сплав | Одномачтовая моторно-парусная яхта (мотосейлер) с протяженным балластным фальшкилем, с корпусом, с ютом и развитой рубкой |
| 3 | Каролина  | 11.80 | Дерево | Двухмачтовая парусно-моторная яхта с протяженным балластным фальшкилем, с корпусом из древесины, с ютом и развитой рубкой |
| 4 | Дрим  | 12.78 | Дерево | Двухмачтовая парусно-моторная яхта с протяженным балластным фальшкилем, с ютом и развитой рубкой, с высоким фальшбортом и развитым дейдвудом, переходящим в княвдигед |
| 5 | Ностальгия  | 19.50 | Дерево | Одномачтовая парусно-моторная яхта со средних размеров фальшкилем и средних размеров рубкой |
| 6 | Гризли  | 13.40 | Сталь | Одномачтовая моторно-парусная яхта (мотосейлер) с балластным фальшкилем и развитой рубкой |
| 7 | Листригон  | 16.90 | Сталь | Одномачтовая моторно-парусная яхта (мотосейлер) с плавниковым балластным фальшкилем, ютом и развитой рубкой |
| 8 | Сакен  | 20.00 | Сталь | Двухмачтовая парусно-моторная яхта с протяженным балластным фальшкилем и развитой рубкой |
| 9 | Облако  | 8.00 | Стеклопластик | Открытый швербот с самоотливным кокпитом и отсеками плавучести |



◆ Корпуса деревянной моторной яхты (проект НКИ 103 «Лагуна») и разъездной моторной лодки из легкого сплава (проект НКИ 127 «Рейнджер») в постройке. Фото верфи

проектирование ведется параллельно со строительством. В этих условиях, особенно при сокращенной процедуре проектирования, проектант становится заложником судьбы и внутреннего «чутья», рискуя нарваться после реализации проекта на такие сложности, как нежелательный дифферент на нос или корму и посадка глубже планируемой ватерлинии, возможно в комбинации с неприятностями по дифферентам. При этом если дифферент можно частично исправить укладкой твердого балласта (не всегда!), то превышение проектного водоизмещения ведет к уже серьезным трудностям в виде нежелательного изменения ходовых качеств судна.

Причиной этих неприятностей, даже скорее трагедий, является некорректное определение водоизмещения судна на ранней стадии проектирования. Кажется, чего уж проще, лезем в интернет, ищем подходящий прототип и принимаем водоизмещение за основу. Не тут-то было. Какое водоизмещение указано (порожном, полном, с частичной нагрузкой) – неизвестно. Еще и форму корпуса нужно учитывать со всеми вытекающими последствиями. В принципе, данные по нагрузке масс являются наиболее закрытыми, они даже часто искажаются в официально-рекламной информации.

Основная проблема при определении водоизмещения судна в начале

проектирования заключается в прогнозировании массы корпусных конструкций, величина которой может составлять 30–60% водоизмещения. Все остальное прикинуть достаточно просто. Элементы силовых установок, вспомогательных механизмов, устройств и т.д. обладают конкретной массой, указанной в каталогах или поддающейся выяснению. Сложности могут возникнуть с обстройкой, но и здесь (в зависимости от принятой схемы, материалов, общего расположения) можно прикинуть массу, например 1 м² поверхности зашивки или 1 м³ обстроенных интерьеров, и экстраполировать эти значения на все судно.

Следовательно, залог уверенности проектанта в достойном результате – корректность «нагрузки масс» и, особенно, корректное определение массы корпуса еще в самом начале проектирования, когда чертежей на конструкции еще нет.

Почему невозможно применить традиционные методы

Открыв классические труды по проектированию судна (В. В. Ашик, Л. М. Ногид), мы упрямся в уравнения масс с соответствующими весовыми измерителями по статьям нагрузки. При этом рекомендованные показатели относительной массы корпусных конструкций нам ничем не помогут. Они пригодны для транспортных су-

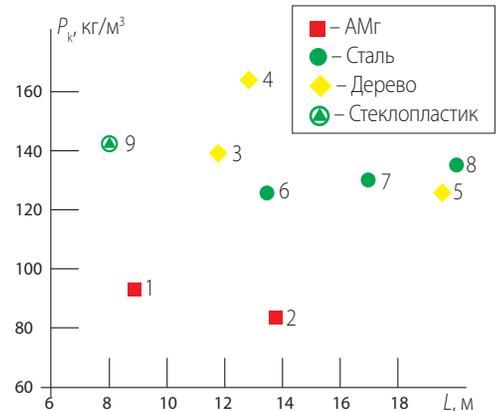


Рис. 1. Зависимость относительной массы корпуса от материала корпуса и длины судна для парусных и парусно-моторных судов. Как видно, массы деревянных и стальных конструкций достаточно близки. На весовые показатели существенно влияет АКТ: судно 4 – сильно развитые надстройки и много архитектурных излишеств в составе конструкций. Судно 2 – компромисс

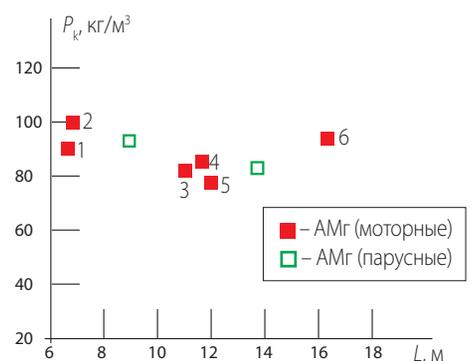
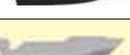


Рис. 2. Зависимость относительной массы корпуса от длины судна для моторных яхт и служебных судов. Подгруппа 1 – суда с корпусами из легкого сплава. Данные по парусным судам приведены для сравнения. Не следует удивляться близким значениям относительных масс моторных и парусных судов, т.к. суда 1-6 являются скоростными. На весовые показатели существенно влияет АКТ (Суда 1 и 2 – открытые, беспалубные с двойным дном и двойными бортами и высокими скоростями движения, корпуса относительно тяжелые. Судно 5 – относительно узкое, с небольшой надстройкой и «глубоким V», полностью запалубленное)

дов второй половины прошлого века, никак не применимы для современных яхт и малотоннажных судов и, в принципе, работают только при наличии близкого прототипа и подробной информации по нему. Метод успешно применим, если вариации основных

Табл. 2. Данные для рис. 2, 3 и 4 по моторным яхтам и служебным судам с различными режимами движения

| № | Название | Длина, м | Материал корпуса | Описание |
|----|--|----------|------------------|---|
| 1 | Фантом  | 6.6 | Легкий сплав | Разъездная моторная лодка открытого типа, с отсеками плавучести и самоотливным кокпитом, с подвесным двигателем |
| 2 | Рейнджер  | 6.7 | Легкий сплав | Разъездная моторная лодка открытого типа, с отсеками плавучести и самоотливным кокпитом, с подвесным двигателем |
| 3 | Фламинго  | 11.0 | Легкий сплав | Моторная глиссирующая яхта с угловыми колонками |
| 4 | Гепард  | 11.6 | Легкий сплав | Скоростная моторная яхта с угловыми колонками |
| 5 | Гепард-2  | 19.5 | Легкий сплав | Скоростная моторная яхта с водометным двигателем |
| 6 | Китобой  | 16.3 | Легкий сплав | Скоростная моторная яхта с угловыми колонками |
| 7 | Шамайка  | 8.7 | Сталь | Прибрежное промысловое судно |
| 8 | Боярин  | 12.0 | Сталь | Моторная яхта с развитой рубкой |
| 9 | Фридом  | 13.0 | Сталь | Моторная яхта с развитой рубкой |
| 10 | Балаклава  | 15.6 | Сталь | Моторная яхта с рубкой из легкого сплава |
| 11 | Головастик  | 18.0 | Сталь | Служебное судно с развитыми надстройками |
| 12 | Кречет  | 33.3 | Сталь | Моторная яхта с надстройками из легкого сплава |
| 13 | Спорт  | 4.7 | Дерево | Разъездная моторная лодка открытого типа с подвесным мотором |
| 14 | Танаис  | 6.8 | Дерево | Моторная яхта открытого типа с запалубленным баком, с подвесным мотором |
| 15 | Персей  | 8.3 | Дерево | Моторная яхта с рубкой средней величины и со стационарным двигателем |
| 16 | Мартин  | 8.9 | Дерево | Моторная скоростная яхта открытого типа с небольшой рубкой-убежищем, с угловыми колонками |
| 17 | Рысь  | 11.1 | Дерево | Моторная скоростная яхта открытого типа с небольшой рубкой-убежищем, с тянущими винтами |
| 18 | Пума  | 12.0 | Дерево | Моторная скоростная яхта открытого типа с небольшой рубкой-убежищем, с угловыми колонками |
| 19 | Ретро  | 12.0 | Дерево | Моторная яхта |
| 20 | Лагуна  | 16.0 | Дерево | Моторная яхта с корпусом из древесины |

параметров невелики, если в наличии подробная документация по прототипу и проектируемое судно почти абсолютно функционально идентично с ним.

Проектирование современной яхты или малотоннажного судна отличается от «классики» принципиально. Во-первых, оно происходит, как правило, при полном отсутствии информации по близкому прототипу (рекламные буклеты не в счет). Изредка, для устоявшихся проектных структур с большим опытом проектирования может

иметь место «туз в рукаве», с большой степенью достоверности превращающийся в близкий прототип. Это исключение, а не обычная практика. Во-вторых, проектирование малого судна обычно ведется «от общего расположения». Грубо говоря, нужно собрать в объеме все, что необходимо разместить на судне, обтянуть это «все» оболочкой (корпусом) с учетом наилучших соотношений главных размеров и прогнозируемых мореходных качеств и при этом посадить судно на нужную ватерлинию. Нет необходи-

мости говорить, что эта задача будет из разряда неразрешимых, если мы не сможем определиться с общей массой в первом приближении.

На какую информацию можно ориентироваться

Достаточно простой способ определения массы корпусных конструкций на ранней стадии проектирования яхт и малых судов с корпусами из различных материалов предлагается в статье автора «Определение весовых показателей корпусных конструк-

Табл. 3. Данные для выбора значений относительной массы конструкций в зависимости от типа судна и материала корпуса. Их можно корректировать с учетом АКТ (см. графики рис. 1–4)

| Группа | Материал корпуса | Особенности | Относительная масса (средняя), P_k , кг/м ³ | Отклонения от среднего, ± % |
|--------------------------------|------------------|----------------------------------|--|-----------------------------|
| Парусно-моторные яхты | Легкий сплав | | 88.0 | 5.5 |
| | Сталь | | 131.0 | 2.5 |
| | Древесина | | 142.9 | 13.5 |
| | Стеклопластик | | 142.4* | – |
| Моторные яхты и служебные суда | Легкий сплав | | 88.2 | 10.0 |
| | Сталь | С надстройками из легкого сплава | 157.4 | 15.0 |
| | | | 170.7 | 12.0 |
| | Древесина | Каютные | 114.5 | 6.0 |
| | | Открытого типа | 83.9 | 6.0 |

* Применимо только для очень похожего судна

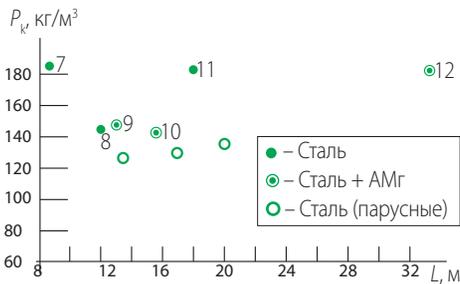


Рис. 3. Зависимость относительной массы корпуса от длины судна для моторных яхт и служебных судов. Подгруппа 2 – суда с корпусами из стали. Данные по парусным судам приведены для сравнения. Суммарная относительная масса конструкций для судов с надстройками из АМг существенно меньше, чем для чисто стальных конструкций (это всем известно). Относительная масса корпусов моторных яхт выше, чем у парусных, что объясняется большим количеством платформ, переборок, встроенных цистерн. На весовые показатели существенно влияет АКТ (судно 12 – очень развитая надстройка)

верхнюю палубу, кг/м³ (проектанты обычно пользуются т.н. кубическим модулем – отношением массы конструкций к трем главным размерениям; но очевидно, предлагаемый измеритель более стабилен по величине – прим. ред.). Влияние длины судна на относительную массу оказалось несущественным. Результаты показаны на графиках (рис. 1–4).

Как сделать корректную оценку

Для успешного применения предложенной информации необходимо принимать во внимание несколько существенных моментов:

- данные рекомендации применимы только к однокорпусным судам с традиционным соотношением размерений (попадающим в зону ограничений Правил классификационных обществ);
- форма корпусов проектируемых судов является типичной для рассматриваемого режима движения (водоизмещающие, глиссирующие, переходного типа) без каких-либо оригинальных новаций;
- конструкции проектируемого судна будут соответствовать требованиям Правил какого-либо классификационного общества.

Начинать оценку массы проектируемого корпуса нужно с определения группы и подгруппы проектируемого судна с учетом материала корпуса. Далее требуется определиться с архитектурными особенностями вашего судна. Считаем, что средние значения величины относительной массы корпусных конструкций относятся к абстрактному осредненному по архитектуре проектируемому судну (5 баллов на условной десятибалльной шкале). Представьте себе вариант судна с наименее развитыми палубными сооружениями (0 баллов) и соответственно с максимально развитыми (10 баллов). После этого поместите идею проектируемого судна на подходящее ей место на этой шкале и пропорционально скорректируйте величину среднего значения относительной массы конструкций. Для этого можно использовать графики или таблицу 3. По графикам можно определиться точнее с учетом размеров и архитектуры судна. ✘

ций парусно-моторных, моторных яхт и малотоннажных служебных судов на ранних стадиях проектирования» (Международная научно-практическая конференция в честь 80-летнего юбилея проф. В. В. Козлякова. Одесса, 2010. С. 300–311). Ее рекомендации основаны на анализе параметров судов, спроектированных специалистами дизайн-группы «АЛА» за последние 20 лет и построенных на украинских и российских верфях. Для анализа использовались 29 судов различных назначений, архитектурно-конструктивных типов и исполнений с различным материалом корпусных конструкций. Все суда разбиты на 2 группы в соответствии с особенностями эксплуатации, архитектурно-конструктивным типом (АКТ) и принципами движения:

1 группа – парусно-моторные и моторно-парусные яхты различных АКТ с корпусами из стали, легкого сплава, древесины и стеклопластика в диапазоне длин от 8 до 20 м (разделение по подгруппам в соответствии с материалом конструкций, табл. 1);

2 группа – моторные яхты и служебные суда с режимами движения от водоизмещающего до глиссирования. Разделение по подгруппам – в соответствии с материалом конструкций и некоторыми особенностями (табл. 2).

Для каждого судна определялась относительная масса корпусных конструкций P_k как отношение массы корпуса к объему корпуса судна по

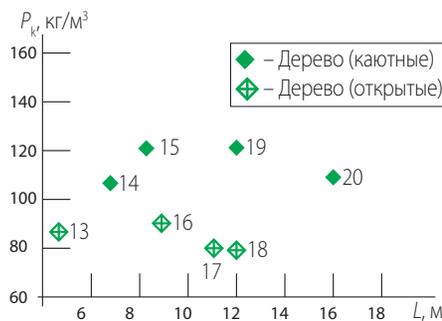


Рис. 4. Зависимость относительной массы корпуса от длины судна для моторных яхт и служебных судов. Подгруппа 3 – суда с корпусами из древесины. Очевидно разделение на каютные суда и суда открытого типа. На весовые показатели существенно влияет АКТ (суда 15 и 19 – сильно развитые надстройки. Судно 20 – кокпит закрыт жестким тентом)