

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИЙ

КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА  
ИМЕНИ ГЕТЬМАНА ПЕТРА-КОНАШЕВИЧА САГАЙДАЧНОГО

**Завитаев В.Л.**

**УСТРОЙСТВО И МОРЕХОДНЫЕ  
КАЧЕСТВА СУДОВ  
ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО  
(РЕКА-МОРЕ) ПЛАВАНИЯ**

**Учебное пособие**

Киев  
Издательство Лира-К  
2021

УДК. 656.62.052.1 (477)  
3-13

*Рекомендовано для издания решением Ученого совета  
Государственного университета инфраструктуры и технологий  
(протокол № 2 от 15.10.2020 г.)*

**Рецензенты:**

*Чимшир Валентин Иванович*, директор Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія», професор, доктор технічних наук;

*Букетов Андрій Вікторович*, завідувач кафедри транспортних технологій та механічної інженерії Херсонської державної морської академії, професор, доктор технічних наук.

**Завитаев В.Л.**

**3-13** Устройство и мореходные качества судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания : учебн. пособ. – Киев: Издательство Лира-К, 2021. – 244 с.

ISBN 978-617-520-023-0

Излагаются сведения из истории судоходства и судостроения, классификации судов внутреннего и смешанного река-море плавания и их технико-эксплуатационные характеристики.

Описываются общие устройства разных типов транспортных и служебно-вспомогательных судов и характерные для них системы набора корпуса и оборудования.

Представлены сведения, касающиеся мореходных качеств судов.

Приводятся разъяснения по определению посадки и остойчивости неповрежденного и поврежденного судна, по погрузо-разгрузочным работам, и расчетам кренящего момента от давления ветра, общей прочности корпуса, а также других нормативных показателей мореходных качеств судна.

Изложение материала сопровождается иллюстрациями, схемами и таблицами.

Учебное пособие предназначено для студентов и курсантов, которые обучаются в учебных заведениях водного транспорта по специальности «Речной и морской транспорт».

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОВ	
1.1. История развития судоходства и судостроения.	8
1.2. Классификация судов.	19
1.3. Основные технико-эксплуатационные характеристики судов.	24
1.4. Общее устройство и характеристика судов.	30
1.4.1. Грузовые суда.	30
1.4.2. Системы набора корпуса.	38
1.4.3. Несамоходные суда.	41
1.4.4. Буксиры, толкачи и суда специального назначения.	43
1.4.5. Системы набора корпуса буксиров-толкачей.	46
1.4.6. Пассажирские суда.	50
1.4.7. Рулевое устройство.	56
1.4.8. Буксирное устройство и устройство для толкания.	59
1.4.9. Шлюпочное устройство.	61
1.4.10. Якорное устройство.	63
1.4.11. Швартовное устройство.	67
1.4.12. Люковые закрытия, рангоут и такелаж.	73
1.4.13 Судовые системы и помещения.	77
ГЛАВА 2. МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА	80
2.1. Плавучесть и посадка неповрежденного судна.	80
2.1.1. Элементы теоретического чертежа.	80
2.1.2. Коэффициент полноты подводного объема корпуса судна.	85
2.1.3. Элементы теоретического чертежа.	90
2.1.4. Посадка судна.	94
2.1.5. Марки углубления.	96
2.1.6. Грузовая марка.	100
2.1.7. Грузовая шкала.	102
2.2. Остойчивость судна.	109
2.3. Начальная метацентрическая высота.	115
2.4. Поперечная статическая остойчивость судна.	117
2.5. Опыт кренования.	124
2.6. Влияние перемещения грузов на посадку и остойчивость судна.	129

2.6.1. Влияние приема груза на остойчивость.	129
2.6.2. Влияние вертикального перемещения груза.	132
2.6.3. Влияние поперечного переноса груза.	133
2.6.4. Влияние горизонтально-продольного перемещения груза.	134
2.6.5. Влияние на остойчивость судна жидких грузов.	135
2.6.6. Влияние на остойчивость судна сыпучих грузов.	140
2.6.7. Изменение остойчивости судна при посадке на мель.	144
2.7. Диаграмма статической остойчивости.	147
2.7.1. Остойчивость на больших углах крена.	148
2.8. Пантокарены.	151
2.9. Информация об остойчивости. Диаграмма моментов.	156
2.10. Универсальная диаграмма статической остойчивости.	161
2.11. Использование диаграммы статической остойчивости..	163
2.12. Динамическая остойчивость судна.	172
2.13. Использование диаграммы динамической остойчивости.	180
2.14. Особенности остойчивости судна в специальных случаях.	187
2.15 Требования ИМО к остойчивости судна.	192
2.16. Непотопляемость судна.	199
2.17 Ходкость и инерционные качества судна.	205
2.18. Управляемость судна.	219
2.19. Прочность, внешние силы и напряжения в корпусе судна.	223
2.20. Качка и волнение.	235
2.20.1. Определение периодов качки судна.	235
2.20.2. Определение параметров волнения.	236
2.20.3. Определение длины волны.	237
2.21. Обледенение судов и их влияние на мореходные качества.	239
Используемая литература.....	244

## ВВЕДЕНИЕ

Для эксплуатации современных судов внутреннего и смешанного река-море плавания необходимы высококвалифицированные кадры судоводителей. Предмет "Теория устройства и мореходные качества судна» является одним из профилирующих при подготовке судоводительских кадров.

Перед работниками речного и морского транспорта стоят ответственные задачи по обеспечению грузовых и пассажирских потоков. Эти задачи могут быть решены и благодаря качественному изучению устройства судна и его мореходных качеств, которые значительно влияют на обеспечение безопасности судна и его эксплуатации при различных условиях плавания.

Компетентность в области теории судна и его мореходных качеств позволяют предвидеть и грамотно оценить поведение судна при его эксплуатации и избежать аварии в сложных условиях плавания.

Грамотное использование устройств корпуса судна и его вспомогательных механизмов, устройств и систем поможет безопасно эксплуатировать судно и избегать аварийных ситуаций.

Овладение знаниями теории устройства судна поможет произвести правильные расчеты по определению мореходности и мореходных качеств судна, его остойчивости и прочности корпуса при различных напряжениях.

Выполнение требований Международного кодекса остойчивости судов в неповрежденном состоянии 2008 года (Кодекс ОНС 2008 года), цель которого состоит в том, чтобы представить обязательные и рекомендательные критерии остойчивости и другие меры по обеспечению безопасной эксплуатации судов с тем, чтобы уменьшить опасность для таких судов, персонала на борту и окружающей среды, тесно связано с изучением теории судна и способствует более надежному обеспечению безопасности судна при его эксплуатации.

*Мореходность* судна определяется его способностью безопасно плавать и выполнять соответствующие его назначению задачи при ветре и волнении. Она зависит от размеров, архитектуры, формы обводов, нагрузки судна, соотношения его размерений и параметров морских волн, от интенсивности и курсового угла волнения, скорости судна и ряда других факторов. Однако понятие «мореходность» имеет более узкий смысл, чем

термин «мореходные качества». Оно объединяет только свойства судна, существенные при плавании в условиях ветра и волнения.

Мореходные качества судна в большой степени зависят от формы и размеров его корпуса, поэтому в теории судна значительное внимание уделяют рассмотрению формы обводов корпуса судна и способам приближенных вычислений его геометрических элементов.

К мореходным качествам относятся: плавучесть, остойчивость, непотопляемость, прочность корпуса, ходкость, инерционные качества и управляемость судна.

Первую группу мореходных качеств изучают путем рассмотрения статических положений судна на спокойной воде, не касаясь его движения при переходе из одного положения в другое. Поэтому раздел теории судна, посвященный плавучести, остойчивости и непотопляемости, называют *статикой судна*.

Наиболее важная задача этого раздела — изучение равновесия судна, неподвижного относительно спокойной воды. Поскольку эта задача относится к частному и наиболее простому случаю состояния судна, она сравнительно легко решается при помощи средств теоретической механики и гидростатики.

При изучении второй группы мореходных качеств определяющими являются поступательное, вращательное на циркуляции и колебательное движения судна. Этим определяется название раздела теории судна — *динамика судна*.

Основная задача этого раздела — изучение движения судна под действием приложенных к нему внешних сил и моментов. Теоретическое решение этой задачи, даже в упрощенной постановке, связано с большими трудностями из-за сложности явлений, характеризующих взаимодействие судна с окружающей его средой. Это обстоятельство заставляет широко пользоваться экспериментальными методами исследований при изучении динамики судна.

Законы, которым подчиняются мореходные качества судна, должны знать не только судостроители, но и судоводители. Это позволит им решать самые разнообразные задачи, встречающиеся в практике эксплуатации судов.

*Остойчивость и прочность корпуса* судна - важные мореходные качества, от которых зависит судьба судна и экипажа, требующие от судоводителя постоянного расчетного контроля перед погрузкой, в течение всего рейса и при выгрузке судна, прибывшего в порт назначения, а также владения действующими практическими методиками.

*Волнение* является основной причиной качки судна. Последствия качки проявляются в ухудшении условий обитаемости судна (заливание

палубы, возникновение больших наклонов, скоростей и ускорений судна, ухудшение состояния людей); появлении инерционных перегрузок корпуса, устройств и механизмов; снижении безопасности плавания; появлении дополнительных изгибающих моментов и местных нагрузок корпуса; ухудшении ходовых и маневренных качеств судна и ограничении его функционального использования.

Поведение судна на волнении зависит от характеристик его качки на воде. Поэтому определение характеристик качки судна представляет значительный практический интерес.

Для расчетов мореходных качеств судна необходимо учитывать и его эксплуатационные качества.

Эксплуатационные качества (измерители судна) определяют транспортные возможности и экономические показатели судна.

Эксплуатационные качества судна определяются его грузоподъемностью, грузовой и пассажироместимостью, скоростью, маневренностью, дальностью и автономностью плавания.

Цель настоящего пособия - дополнить материалы учебников по устройству судов современными сведениями, касающихся судов внутреннего и смешанного река-море плавания, с описанием процедур контроля их остойчивости, а также показать область применения этих сведений в практической деятельности судоводителей.

Учебное пособие может оказаться полезным в процессе самоподготовки студентов при изучении ими вопросов мореходности судов внутреннего и смешанного река-море плавания и использования грузовыми помощниками.

# ГЛАВА 1

## УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОВ

### 1.1 История развития судоходства и судостроения

Еще с незапамятных времен в глубокой древности у людей возникло желание и потребность перемещаться по водной поверхности. Сначала они использовали связки камыша, бамбука, древесные стволы, позже плоты и лодки, выдолбленные из цельных стволов или сшитые из звериных шкур. В качестве движителя применялись сначала шест, потом весло.

Первые сведения о древнем судостроении содержит Библия, где приводятся указания, которые получил Ной от Бога перед Всемирным потопом по строительству корабля для спасения всего живого на Земле. Примерно за 4-5 тыс. лет до нашей эры появился парус, который в течение тысячелетий использовался в качестве движителя всех типов судов и позволил совершать дальние путешествия, сначала вдоль берегов, а затем и в открытом море. И лишь только в прошлом веке на морских судах появились механические двигатели.

Одними из древнейших мореходов были египтяне. Предполагается, что еще 5 тыс. лет назад они совершали океанские плавания по Атлантическому океану на лодках из папируса.

Уже в V в. до н.э. через Синайский полуостров был прорыт канал между Средиземным и Красным морем. Впоследствии его засыпали пески. В середине III в. до н.э. при входе в порт Александрия на острове Фарос впервые в истории был построен маяк высотой 140 м над уровнем моря. В XIV в. его разрушило землетрясение.

Есть сведения, что в Египте был построен корабль, на котором размещалось 4 тыс. гребцов, 3 тыс. человек экипажа и 400 человек прислуги.

На берегах современной Сирии в древности находилась Финикия, чьи жители считались лучшими мореходами. Они основали свои колонии на западном берегу Африки, совершили плавание вокруг Африки — из Красного моря до Гибралтарского пролива и Египта.

Искусство мореплавания у финикийцев переняли греки. Ко II в. до н.э. относят плавание грека Евдокса к берегам Индии.

Примерно в то же время — 4-5 тыс. лет тому назад мореплавание развивалось и в прибрежных водах Китая. В китайских летописях найдены

первые сведения о магнитном компасе, многопалубных кораблях, вмещавших до 10 тыс. человек, крупных зерновозах перевозящих примерно, 6 тыс. т. зерна.

На Руси судостроение и мореплавание были известны с самых отдаленных времен. Наскальные рисунки, датируемые примерно 3000 лет до н.э., изображающие охоту с гарпуном на морского зверя встречались на побережье Белого моря.

Одно из древнейших судов, обнаруженных на территории России, датируют примерно 5в. до н.э. В 12 в. на Руси впервые были построены палубные суда. Палубы, предназначенные для размещения воинов, одновременно служили защитой гребцам.

Славяне были искусными судостроителями и строили суда различных конструкций: шитик - плоскодонное судно с навесным рулем, оснащенное мачтой с прямым парусом и веслами; карбас - оснащался двумя мачтами, несущими прямые рейковые или шпринтовые паруса; поморская ладья - имела три мачты, несущие по прямому парусу; раньшина - судно, где корпус в подводной части имел яйцевидную форму, благодаря этому при сжатии льдов, среди которых приходилось плавать, судно "выжималось" на поверхность, не подвергаясь деформациям, и снова погружалось в воду при расхождении льдов.

Организованное морское судостроение в России началось в конце 15 в., когда в Соловецком монастыре была основана верфь для постройки промысловых судов. Позднее уже в 16-17 вв. шаг вперед сделали запорожские казаки, совершавшие на своих "Чайках" рейды на турок. Методика постройки была такой же, как при изготовлении киевских набойных ладей (чтобы увеличить размер судна к долбленной середине с боков прибавалось несколько рядов досок). В 1552 году после взятия Иваном Грозным Казани, а затем и завоевании в 1556 г. Астрахани, эти города становятся центрами строительства судов для Каспийского моря.

При Борисе Годунове были предприняты безуспешные попытки основать в России военный флот.

В июне 1693 г. Петр I заложил в Архангельске первую казенную верфь для постройки военных кораблей. Началось создание регулярного военно-морского флота. Строительство регулярного российского флота, как государственной политики берет начало с 20 октября 1696 г. (по старому стилю), когда в связи с завоеванием крепости Азов Боярской Думой было принято постановление "Морским судам быть". В 1703 г. был заложен Санкт-Петербург, центром которого стало Адмиралтейство - самая большая судостроительная верфь в стране.

Развитие судостроения дало толчок становлению и смежных отраслей промышленности. В начале XVIII в. было построено 5 металлургических заводов, а также ряд оружейных, медеплавильных, парусных, канатных и др. предприятий, судостроительные верфи, Вышневолоцкая система каналов для соединения Волги с Балтикой. И все же это было время, когда постройка судна была искусством, а не наукой. Судостроители опирались только на накопленный опыт.

В царствование Екатерины II началось возрождение российского флота, появились знаковые для морской истории России города Херсон и Севастополь. Успешные войны России на море, великие географические открытия - это наиболее заметные вехи морской славы России.

При Павле I (он имел звание генерал-адмирала) учрежден Особый комитет при Адмиралтейств-коллегии - прообраз Морского ученого комитета.

Период затишья, пережитый русскими судостроителями после смерти Петра I сменился во второй половине 18 в. новым подъемом, а к концу 18 в. был создан Черноморский флот.

В начале 19 в. была введена технически обоснованная классификация судов. В правление Александра I судостроительные работы были сокращены, но речное судостроение продолжалось.

Совершенствование судов не обошло и Россию. Она стала третьей после США и Англии страной, где была освоена постройка пароходов. Первый рейсовый пароход на линии Петербург-Кронштадт был построен в 1815 г. В начале 19 в. на судах появились паровые машины, а использование сначала ковального железа, а затем прокатной стали в качестве конструкционного материала при постройке судов привело в 1850-60 гг. к революции в судостроении. Во второй половине 19 в. на смену деревянным кораблям пришли железные.

Особенно бурно стало развиваться пароходство на Волге и других реках после отмены крепостного права в 1861 г. Главным судостроительным предприятием стал основанный в 1849 г. Сормовский завод. Здесь были построены первые в России железные баржи и первый товаропассажирский пароход. Первое в мире применение двигателя Дизеля на речных судах было осуществлено также в России в 1903 г.

История судостроения Украины ведет свое начало от судостроения Киевской Руси, дальнейшее развитие получает в судостроении запорожских казаков, затем, после вхождения Украины в Россию, судостроение Украины развивается в составе российского судостроения, а в послереволюционный период - судостроения СССР, ныне - в независимой Украине.

В послевоенные годы в стране были построены такие знаменитые суда, как китобазы “Советская Украина” (1959 г., ЧСЗ) и “Советская Россия” (1961 г., ЧСЗ), научно-исследовательское судно “Академик Сергей Королев” (1970 г., ЧСЗ), газотурбоходы с горизонтальной грузообработкой типа “Капитан Смирнов” (1979 г., ЧСЗ), газотурбинное судно “Парижская Коммуна” (1968 г., ХСЗ), нефтерудовоз “Борис Бутoma” (1978 г., “Океан”), танкер “Крым” (1980 г., “Залив”), сотни сухогрузов, траулеров и рефрижераторов, множество военных кораблей, авианосцев, крейсеров, эсминцев, сторожевых кораблей, подводных лодок, судов-спасателей, судов с новыми динамическими принципами поддержания и т. д. Только судостроители Николаева за время существования города построили свыше 2500 морских судов и кораблей.

Значительное пополнение грузовой флот из речных судов и судов смешанного река-море плавания получил после начала строительства судов проектов 559 (типа «Запорожье» и «Киев») и Д-080 (типа «Славутич») на Киевском судостроительно-судоремонтном заводе.



**Грузовые суда пр.559**



**Грузовое судно пр.Д-080**

В Советском Союзе Украине отводилась особая роль в развитии транспортной инфраструктуры страны, она играла роль транзитной

республики. Здесь были сосредоточены морская мощь СССР, морские порты, транспортная инфраструктура страны.

После провозглашения независимости Украина получила невообразимое наследство: 23 современных морских торговых и рыбных портов, обеспечивающих круглогодичную навигацию и прием судов различных типов и грузоподъемности; 10 речных торговых портов, обеспечивающих доставку, перевалку и переработку грузов внутрь страны.

Современные суда «река-море» плавания обеспечивали доставку грузов из речных в морские порты Черного и Средиземного морей. В таблице 1 приведены сведения о судах смешанного река-море плавания.

Таблица 1. Суда смешанного река-море плавания

Типы судов, номера проектов	Класс	Грузо-подъемность, т	Водоизмещение, т	Длина, м	Осадка в грузу, м
<b>Грузовые суда</b>					
Славутич, Д-080	М	3600	4410	109,00	3,22
Проект 559М	М	1420	2440	86,30	2,10
Буг, 17620	II -СП	6300	8675	127,3	4,86
Десна, 2/95	II -СП	3832	5468	98,0	4,17
Днепр, 92040	М-СП	3332	5205	115,8	4,13
Сормовский, 1557	II-СП	3000	4410	114,2	3,75
Волго-Дон, 1565	М-СП	5000	6730	138,0	3,11
Волго-Балт, 2-95	М-СП	3000	4480	114,0	3,62
Орель, 1743.1	М-СП	2600	4375	108,4	3,06
Таврия, 326.1	М-СП	1650	2585	88,0	2,76
Днепровец, 19620М	М-СП	1400	2170	126,0	2,51
<b>Пассажирские суда</b>					
Зирка Днепра, 302	М	256	5900	129,0	2.9