

Проектирование средств океанотехники

Санкт-Петербург
2014

- Основные термины и определения
- Особенности проектирования судов различного типа
- Методы проектирования морских сооружений
- Ограничения на проектирование
- Водоизмещение и нагрузка судна
- Дедвейт
- Уравнение нагрузки судна

Основные термины

- **Плавучесть** — способность судна ходить при заданной нагрузке, имея заданную осадку. Мерой плавучести служит водоизмещение. Объем водонепроницаемых отсеков выше ватерлинии называют запасом плавучести
- **Остойчивость** — способность судна, отклоненного внешними силами от положения равновесия и предоставленного самому себе, вновь возвращаться к положению равновесия
- **Непотопляемость** — способность корабля оставаться на плаву и не опрокидываться в условиях, когда один или несколько его отсеков затоплены водой. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести, остойчивостью, целостностью корпуса и надстроек, наличием и состоянием водонепроницаемых переборок и палуб (платформ), разделяющих корпус корабля на отсеки, наличием средств борьбы с повреждениями
- **Качка** — регулярные поступательные (вертикальная, поперечная и поступательная) и вращательные (бортовая, килевая и рыскание) колебания корпуса судна под внешним силовым воздействием со стороны морского волнения и зыби
- **Мореходность** — совокупность качеств, определяющих способность ходить и использовать механизмы и оборудование до определённых условий моря. Включает в себя:
 - Выхаживание на волну — способность преодолевать волну (особенно штормовую) без опасных последствий (например без зарывания). Зависит от обводов и высоты борта в носовой части.
 - Заливаемость — количество воды, принимаемой на палубу и надстройки при определенном состоянии моря.
 - Забрызгиваемость — количество брызг, принимаемых на палубу и надстройки при определенном состоянии моря.
 - Ветрозащищённость — условия эксплуатации судна и работы экипажа при заданной силе ветра.

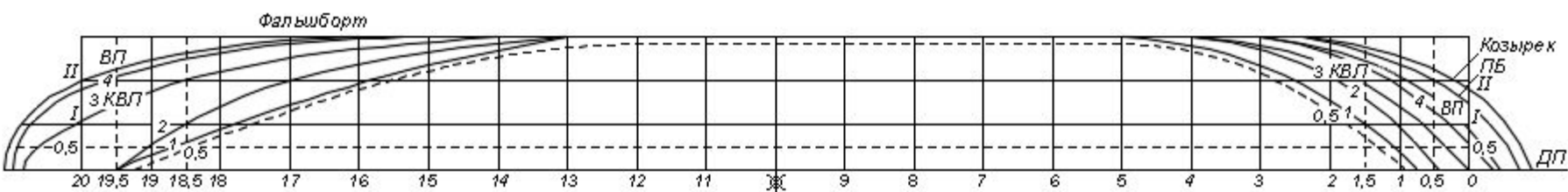
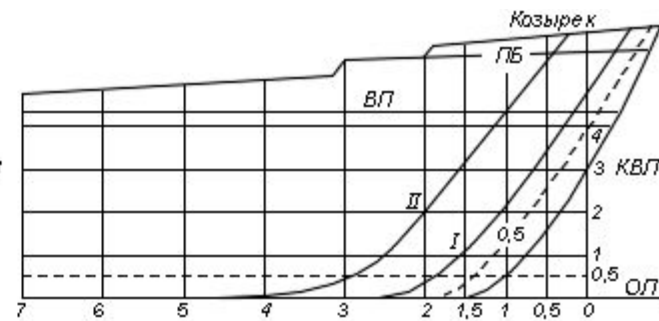
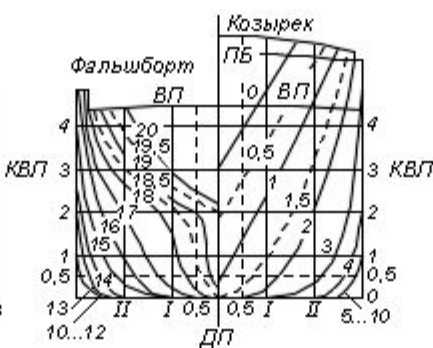
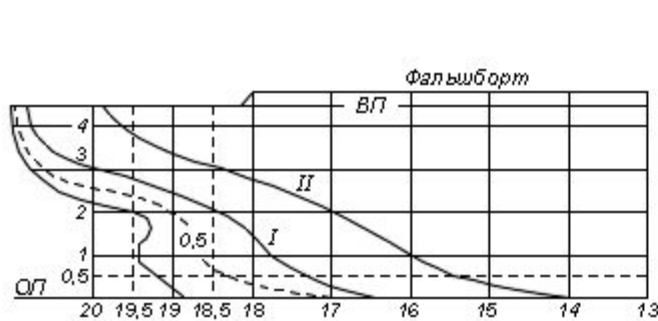
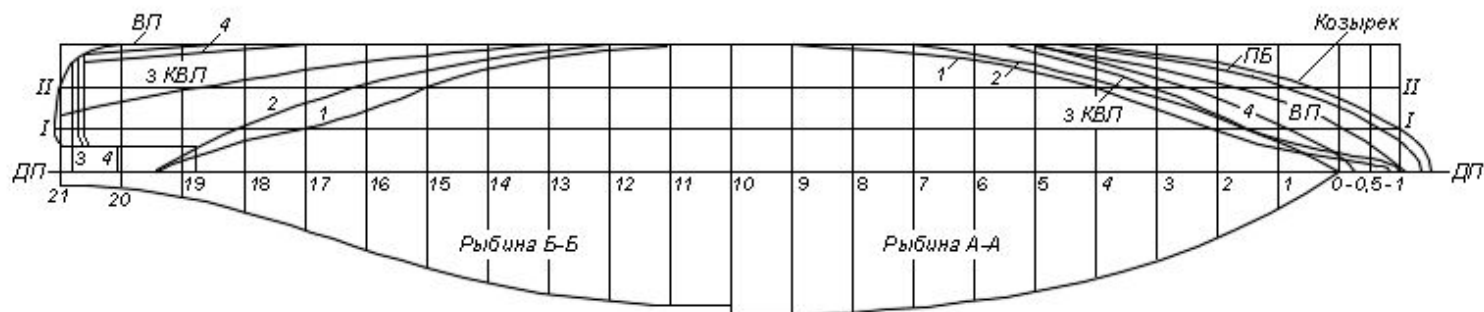
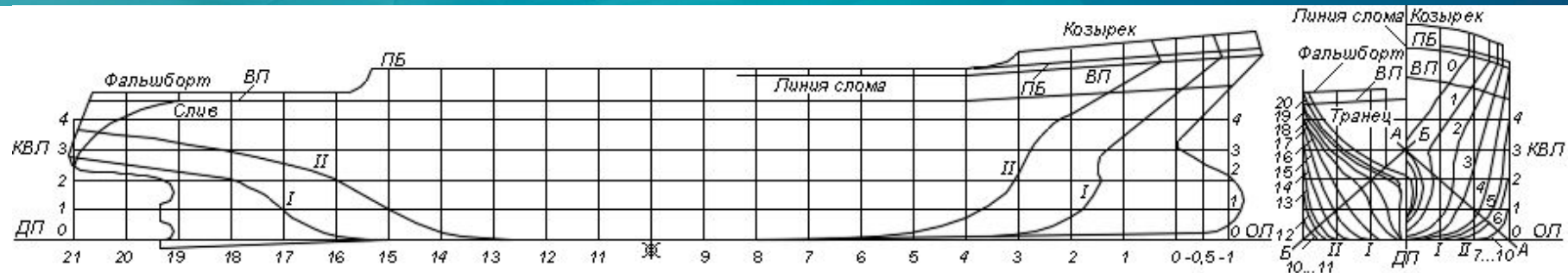
Основные термины

- **Ходкость** — способность судна поддерживать скорость хода и маневренность на заданных курсах относительно морского волнения и ветра, при условии удовлетворительной обитаемости для экипажа и пассажиров, сохранности грузов и должной работоспособности всех бортовых устройств и механизмов
- **Управляемость** — способность судна изменять или сохранять курс. Управляемость является комплексным мореходным качеством и, в числе прочего, включает в себя вопросы:
 - **Поворотливость** — способность судна изменять направление своего движения при отклонении руля на какой-либо угол. Поворотливость характеризуется скоростью изменения курса и диаметром циркуляции;
 - **Устойчивость на курсе** — способность судна сохранять неизменным направление своего движения без внешнего вмешательства;
 - **Управляемость при ветре** — может оказаться, что в условиях сильного ветра управляемость судна недостаточна;
 - **Управляемость на мелководье** — в условиях мелководья ухудшаются как поворотливость так и курсовая устойчивость судна;
 - **Позиционирование судна в заданной точке** — способность судна сохранять позицию без применения маршевой двигательной системы;
 - **Активное торможение (реверс) судна** — торможение судна за счет работы маршевой двигательной установки в режиме «полный назад», а также скорость такого торможения и тормозной путь судна.

Главные размерения и соотношения

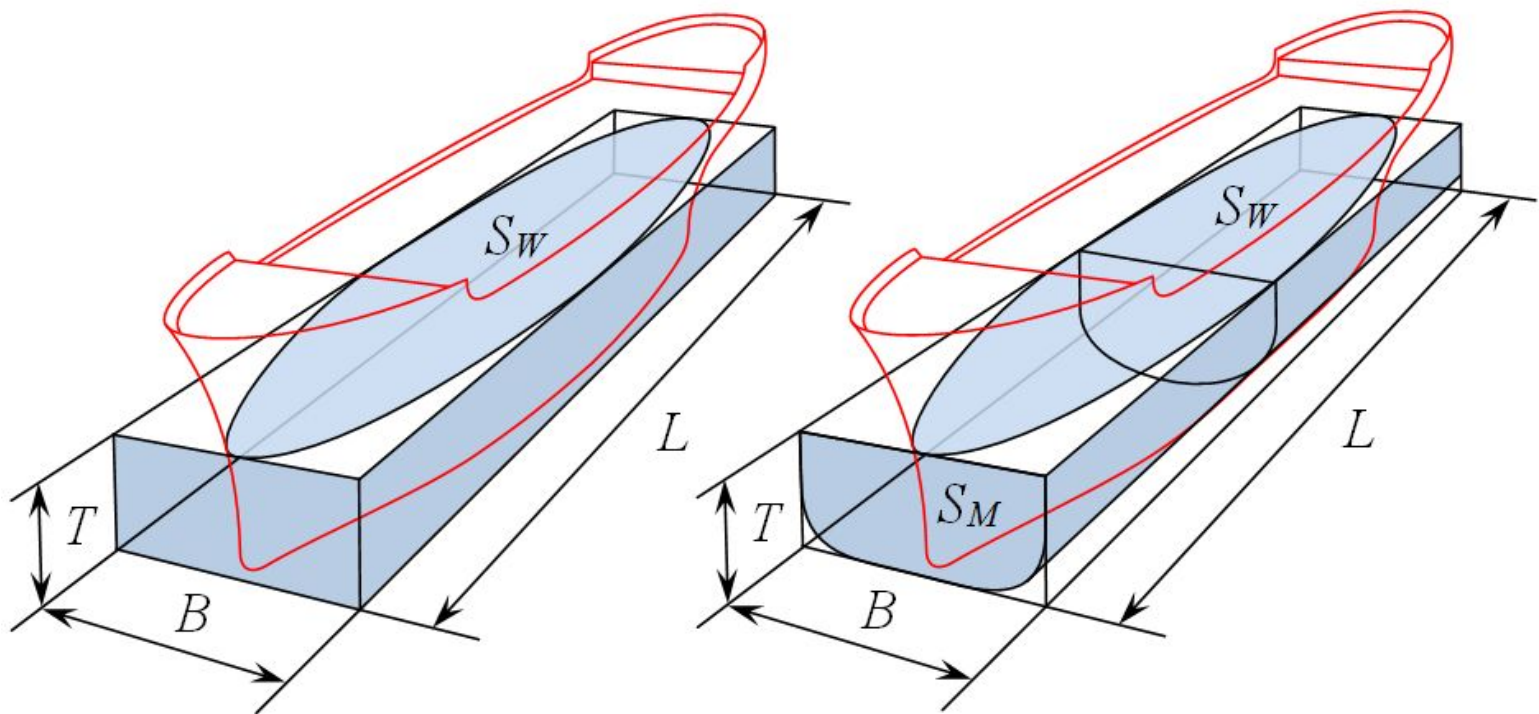
- L - длина
- B - ширина
- H - высота
- T – осадка
- V – водоизмещение объемное
- D – водоизмещение весовое
 - L/B – относительная длина – 3-10
 - B/T – остойчивость и качка
 - H/T – остойчивость и непотопляемость
 - L/T – управляемость и поворотливость

Теоретический чертеж



Коэффициенты полноты

- $\alpha = \frac{S_W}{L \cdot B}$; - коэф. полноты конструктивной ватерлинии
- $\beta = \frac{S_M}{B \cdot T}$; - коэф. полноты подводной части мидель-шпангоута
- $\delta = \frac{V}{L \cdot B \cdot T}$; - коэф. общей полноты
- $\varphi = \frac{V}{L \cdot S_M} = \frac{\delta}{\beta}$; - коэф. продольной полноты



Особенности проектирования

Нефтяной танкер

- максимальная грузовместимость, при выполнении ограничений
- максимальные коэффициенты полноты
- двойные борта и двойное дно

$\alpha - 0,80 - 0,85$

$\beta - 0,95 - 0,98$

$\delta - 0,70 - 0,78$



Особенности проектирования

Платформы FPSO судовой формы корпуса

- конструктивная схожесть с танкерами
- турельное устройство
- повышенный центр тяжести

$\alpha - 0,80 - 0,85$

$\beta - 0,95 - 0,98$

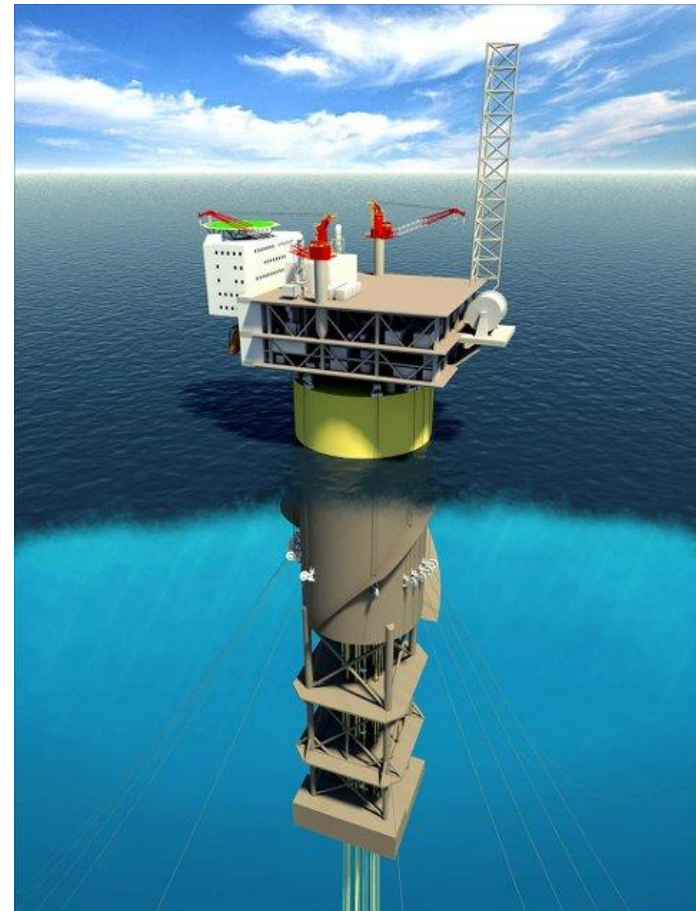
$\delta - 0,70 - 0,78$



Особенности проектирования

Платформы SPAR

- достаточная глубина воды на месторождение
- особенности постройки и транспортировки



Особенности проектирования

Полупогружные платформы

- обеспечение прочности
- особенности транспортировки
- несущая способность палубы



Особенности проектирования

Научно – исследовательские суда

- хорошая мореходность
- повышенная автономность



Особенности проектирования

Суда разведки

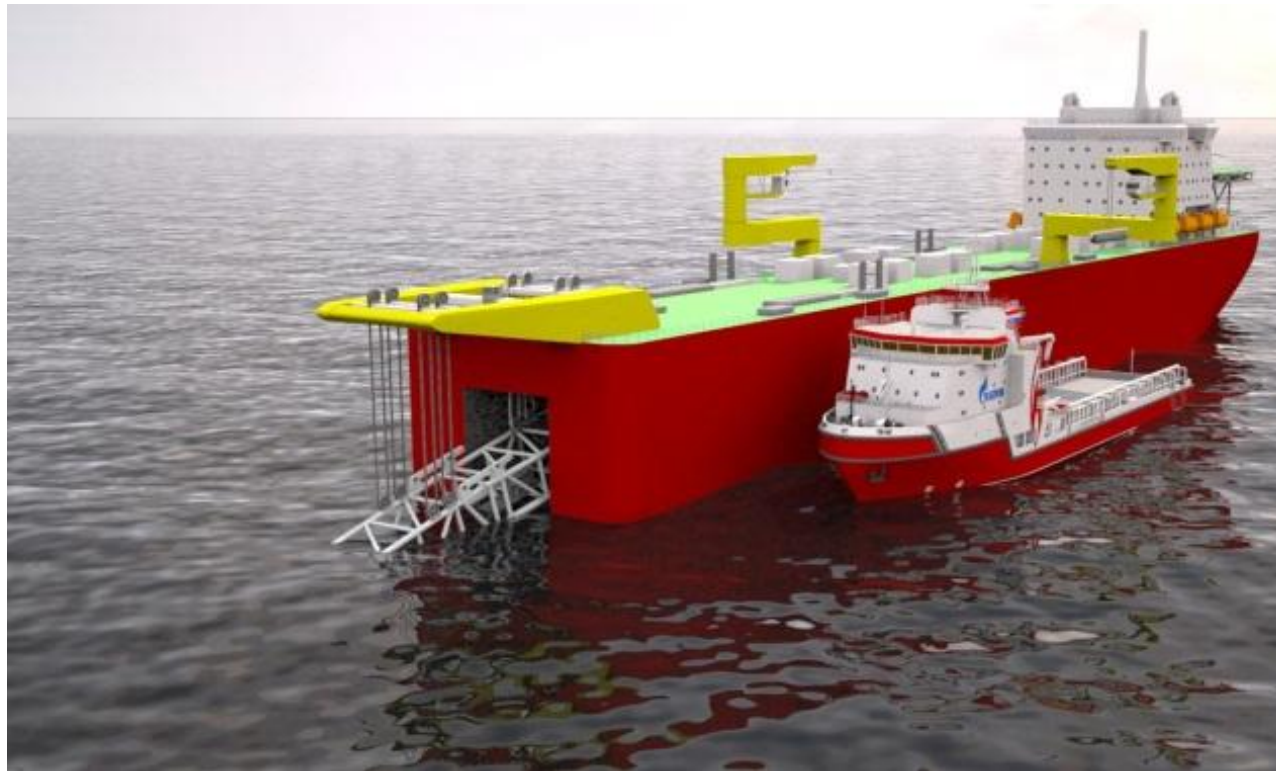
- максимальная ширина, требуется для размещения буксируемых средств разведки
- показатели качки



Особенности проектирования

Трубоукладочное судно

- грузоподъемность и расположение труб
- сварочные посты
- отстояния от береговой базы снабжения



Особенности проектирования

Буксир

- высокие тяговые характеристики



Особенности проектирования

Ледоколы

- обеспечение проводки в заданных ледовых условиях
- увеличение ширины

$\alpha - 0,75 - 0,77$

$\beta - 0,8 - 0,83$

$\delta - 0,46 - 0,52$



Особенности проектирования

Суда Heavy Lift

- грузоподъемность и габариты палубы
- судовые системы
- показатели качки



Размещено на <http://мастерок.жж.рф>



Особенности проектирования

Суда снабжения и перевозки персонала

- грузоподъемность и габариты палубы
- показатели качки
- высокая скорость



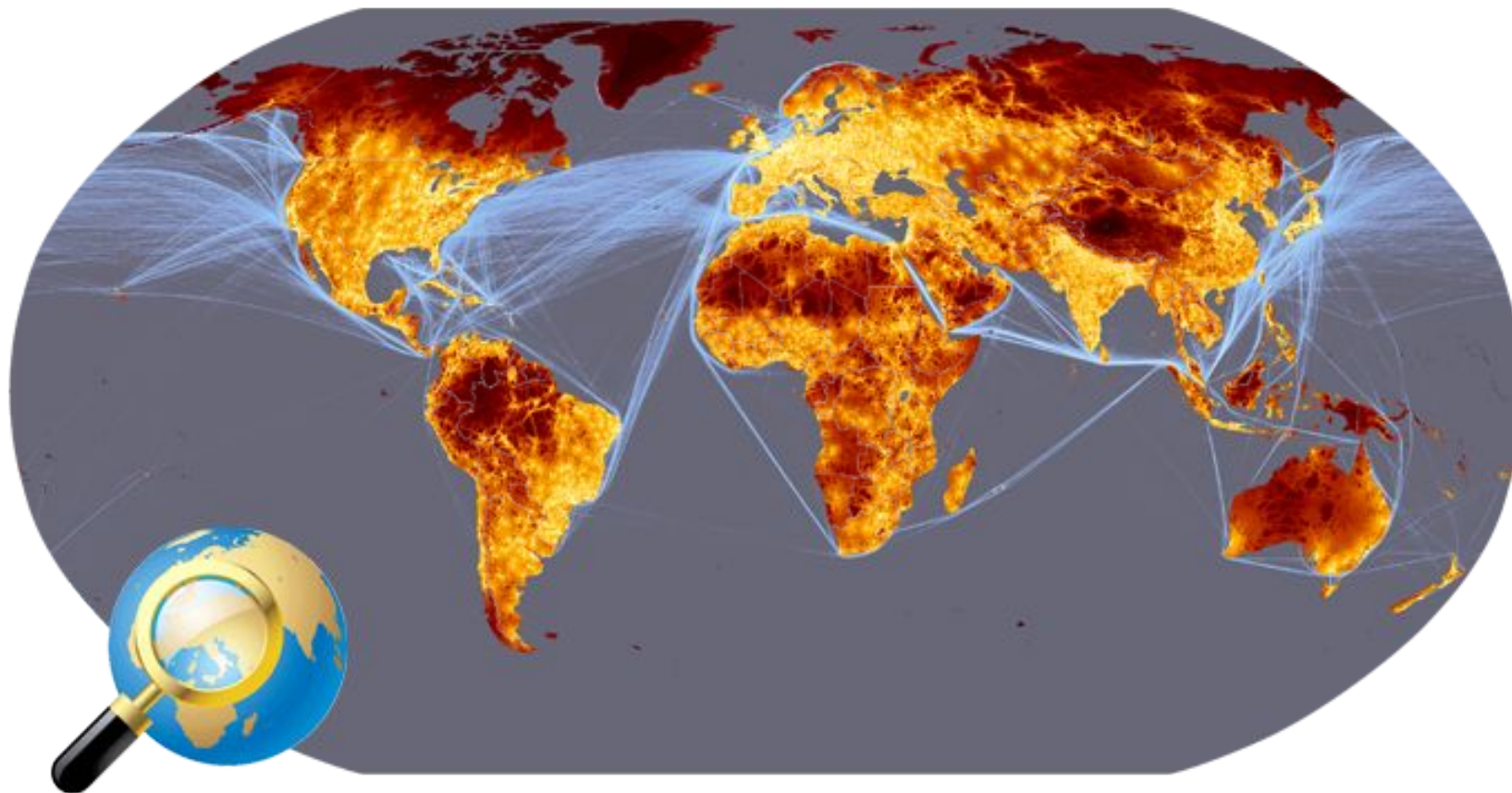
Ограничения на проектирование

- ограничения построечного места
 - габариты построечного места
 - ремонтная инфраструктура
- ограничения по районам плавания
 - Класс I — плавание в морт при $H_v=8,5$ м, $R > 200$ миль
 - Класс II — плавание при $H_v=7,0$ м $R > 100$ миль
 - Класс ПСП — смешанное (река-море) при $H_v=6,0$
 - Класс IIIСП — смешанное (река-море) при $H_v=3,5$
 - Класс III — прибрежное, рейдовое и портовое плавание
- портовая инфраструктура
 - Handysize - $T=10$, 5 отсеков
 - Handymax - $L=190$, 5 отсеков
 - Aframax - 80-120 dwt тыс.т.

Ограничения на проектирование

- **судоходные каналы и проливы**

- Суэзмак – В=46, Т=24
- Панамак - L=294,1м+130м, В=32,3+22м, Т=12,0+6м, Клиренс=57,91м
- Seawayмак – L=226, В=24, Т=7,92
- Малакский пролив – Т=26м



Методы проектирования

- Пересчет с близкого прототипа
- Использование статистических данных по построенным аналогичным объектам
- Метод вариации ожидаемых параметров
- Метод последовательных приближений



Определение водоизмещения

Водоизмещение состоит из:

- Постоянных масс - порожнем
- Переменные массы

Дедвейт – переменные массы судна

чистая грузоподъемность- груз перевозимый ($P_{гр}$);

полный (валовый)–груз+вода, экипаж, запасы (DW).

Символ	Расшифровка	Обозначение
TF	Tropical Fresh Water	Пресная вода в тропиках
F	Fresh Water	Пресная вода
T	Tropical Seawater	Морская вода в тропиках
S	Summer Seawater	Летняя морская вода
W	Winter Seawater	Зимняя морская вода
WNA	Winter North Atlantic	Зимняя северо-атлантическая

Коэф. использования водоизмещения

Позволяет **приблизительно** определить водоизмещение проектируемого судна некоторых типов используя **близкий прототип**

Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту:

$$\eta_{DW} = DW / D_{\text{полн}}$$

Коэффициент использования водоизмещения по чистой грузоподъемности:

$$\eta_{гр} = P_{гр} / D_{\text{полн}}$$

Зависимость водоизмещения от характеристик

Уравнение плавучести

$$V = k\delta LBT$$

$$D_{вес} = gD = g\rho_v V$$

$$D = \rho_v V = \rho_v k\delta LBT$$

Уравнение нагрузки

$$D = \sum P_i(D) + P,$$

$$\text{где: } \sum P_i(D) = P_{к\text{ об}} + P_{сэу} + P_{сэз} + P_{зв};$$

$$P = P_{сн} + P_{гр}$$

Нагрузка по разделу корпус и оборудование

- 0101 - корпус металлический, обшивка, настилы, палубы, набор продольный и поперечный, надстройки, выступающие части
- 0102 – подкрепления и фундаменты (системы, габаритное оборудование)
- 0103 – дельные вещи (иллюминаторы, двери, трапы, крышки люков)
- 0104 – неметаллические части корпуса (надстройки, рубки, обшивки)
- 0105 – покрытия и окраска (линолеум, оцинковка, цементирование, окраска)
- 0106 – изоляция и зашивка (изоляция тепловая, противопожарная, шумопоглощающая, вибропоглощающая)
- 0107 – воздух в корпусе
- 0108 - оборудование помещений, судовых устройств и систем

Судно	Металлический корпус	Оборудование помещений
Лайнер	67	3
Сухогруз	77-90	2-5
Танкер	97-98	1-2

$$P_{об} = P_{0108} D^{(2/3)}$$

Нагрузка по разделу устройства и системы

- 02 – устройства (рулевое, якорное, швартовное..)
- 03 – системы (трюмные, противопожарные, бытового водоснабжения, ОВКВ, специальные системы)

Раздел нагрузки	Ближкий прототип	Средний прототип
Устройства	$P_y = P_{02} = p_{02} D$	$P_y = P_{02} = p_{02} D^{(2/3)}$
Системы	$P_c = P_{03} = p_{03} D$	$P_c = P_{03} = p_{03} D^{(2/3)}$

Нагрузки по разделам 04 - 10

- 04 – главные двигатели, редукторы, вспомогательные механизмы, парогенераторы,

$$P_{04} = p_{04} N$$

$$N = (D^{2/3} \cdot V^3) / C$$

- 05 – масса генераторов, преобразователей, аккумуляторов, кабелей

$$P_{05} = P_{05} = p_{05} D$$

$$P_{05} = P_{05} = p_{05} D^{2/3}$$

Судно	p_{05}
Сухогруз	0,23+-0,05
Танкер	0,07+-0,01

- 07 – вооружение гражданских судов (авиационное, радиотехническое, навигационное)
- 08 – оборудование съемное
- 09 – запасные части
- 10 – балласт (твердый / постоянный жидкий)
- 12 – постоянные жидкие грузы
- 13 – снабжение и имущество

Запас водоизмещения и остойчивости

- Нагрузка по разделам 01-13 это водоизмещение порожнем ($D_{пор}$)
- 11 – запас водоизмещения и остойчивости, условная величина вводится для которая вводится в целях:
 - качества проверки масс
 - корректировать неточность измерителей массы
 - компенсации перегрузки судна

Рекомендуется принимать

- для судов до 1000т- около 4-5%($D_{пор}$)
- для больших судов или при наличии близкого прототипа 1-2%($D_{пор}$)

Расположение по высоте ЦТ запаса водоизмещения обеспечивает запас остойчивости:

- ЦТ- P_{11} - должен увеличивать Z (ЦТ судна на 20 см)

Дедвейт

Валовый дедвейт	Чистая грузоподъемность
<ul style="list-style-type: none">• 14 – Экипаж, провизия и вода• 15 - Груз перевозимый• 16 - Судовые запасы (топливо, вода и масло)	<p>Максимальная масса принимаемого груза по грузовую марку:</p> <ul style="list-style-type: none">•валовый дедвейт•17 - переменные жидкие грузы•18 - жидкий балласт•19 – грузы, снабжение, запасы дополнительные

- 14 – зависит от количества членов экипажа и пассажиров, автономности, наличия опреснительных установок
- 15 - задается в техническом задании, либо вычисляется исходя из данных ТЗ
- 16 – зависит от типа, потребления топлива и мощности СЭУ, автономности
- 17 – обледенение, вода в цистернах различного назначения
- 18 – принимаемый балласт
- 19 - дополнительные грузы

Уравнение нагрузки

Уравнение нагрузки стандартный вид

$$D = \sum P_i(D) + P,$$

где: $\sum P_i(D) = P_{к об} + P_{сэу} + P_{сэз} + P_{зв};$

$$P = P_{сн} + P_{эр}$$

Получив уравнение вида :

$$D_1 = x_1 D_1 + 0,1 D_1 + x_2 D_1^{(2/3)} + P_{эр} + P_{сн} + P_{эк}$$

(решается методом постановки, с точностью до центнеров)

Получаем водоизмещение в первом приближении