

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ СУДНА

### 1.1. Основные типы морских судов

Универсальные сухогрузные суда (рис. 1.1) предназначены для перевозки генеральных грузов в упаковке, а также негабаритных и тяжеловесных грузов. Эти суда имеют несколько трюмов с большими люками для облегчения погрузочно-разгрузочных работ. Те грузы, которые не проходят в трюмы, надежно закрепляются на палубе с помощью тросов и специальных приспособлений. Сухогрузные суда оборудованы грузовыми кранами и стрелами для погрузки и разгрузки. Особое внимание при погрузке в трюмы уделяется тому, чтобы избежать малейшего смещения груза, т.к. это может привести к опрокидыванию судна. Универсальные сухогрузные суда удобны тем, что могут самостоятельно производить погрузку/выгрузку у необорудованных причалов или на открытых рейдах.



Рис. 1.1. Универсальные суда

Универсальные суда не приспособлены для перевозки какого-либо определенного типа груза, что не позволяет в максимальной степени использовать возможности судна. По этой причине строятся и широко применяются в мировом судоходстве грузовые *специализированные суда*, на которых лучше используется грузоподъемность и значительно сокращается время стоянки в портах под грузовыми операциями. Подразделяются они на следующие основные типы: балкеры, контейнеровозы, ролкеры, лихтеровозы, рефрижераторные, пассажирские суда и танкеры и др. Все специализированные суда имеют свои индивидуальные эксплуатационные особенности, что требует от экипажа специальной дополнительной подготовки по приобретению определенных навыков для сохранной перевозки груза, а также обеспечения безопасности экипажа и судна в течение рейса.

К универсальному типу судов можно отнести и рефрижераторные суда, которые осуществляют перевозки мяса, рыбы, фруктов.



Рис. 1.2. Рефрижераторное судно (Reefer)

*Рефрижераторные суда (Reefers)* – это суда (рис. 1.2) с повышенной скоростью хода, предназначенные для перевозки скоропортящихся грузов, в основном продовольственных, требующих поддержания определенного температурного режима в грузовых помещениях – трюмах. Грузовые трюмы имеют теплоизоляцию, специальное оборудование и люки небольшого размера, а для обеспечения температурного режима служит холодильная установка рефрижераторного машинного отделения судна.

*Балкеры (Bulkers)* – это, как правило, однопалубные суда (рис. 1.3) с большими трюмами, которые наилучшим образом приспособлены для перевозки навалочных грузов и их погрузки/выгрузки. Трюмы закрываются крышками, которые могут сдвигаться, складываться, открываться и т.д. Балкеры не имеют своего перегрузочного оборудования. Они предназначены для перевозки зерна, руды, угля и других насыпных грузов. Существуют комбинированные суда типа OBO (Ore Bulk Oil – руда, навалочный груз, нефть) и OBC (Ore Bulk Containers – руда, навалочный груз, контейнеры).



Рис. 1.3. Балкер (Bulkер)

*Контейнеровозы (Container Ships)* – это суда (рис.1.4), предназначенные для перевозки грузов в контейнерах международного образца. Суда-контейнеровозы подразделяются на две группы: морские и фидерные.

Конструктивно контейнеровозы устроены таким образом, что их трюмы оборудованы вертикальными направляющими, по которым контейнеры ставятся в трюм один на другой. При этом направляющие выполняют две роли – облегчают погрузку контейнеров и исключают горизонтальное смещение при качке. Контейнеры на палубе крепятся специальными приспособлениями: штангами, цепями, талрепами. Как правило, грузовые операции производятся у специализированных причалов – контейнерных терминалов.



Рис. 1.4. Контейнеровозы (Container ship)



Танкеры (*Tankers*) – это наливные суда, предназначенные для перевозки наливом в специальных грузовых помещениях – танках (емкостях) жидких грузов. Основная масса танкеров имеет двойное дно и двойные борта, это сделано для предотвращения разливов нефтепродуктов в акватории морей и океанов.

Все грузовые операции на танкерах производятся специальной грузовой системой, которая состоит из насосов и трубопроводов, проложенных по верхней палубе и в грузовых танках. Процесс погрузки/выгрузки происходит достаточно быстро, т.к. суда оборудованы мощными насосными системами. Для приема и обработки крупнотоннажных танкеров многие порты выносят далеко в море свои нефтяные причалы, которые соединены с берегом нефтепроводом, либо обрабатывают их на рейде.

В зависимости от рода перевозимого груза танкеры делятся на:

- 1) танкеры (*Tankers*) – это наливные суда, предназначенные для перевозки наливом в специальных грузовых помещениях – танках (емкостях) жидких грузов, в основном нефтепродуктов (рис. 1.5). Различают крупнотоннажные танкеры и супертанкеры: VLCC – Very Large Crude Oil Carrier (очень большое судно для перевозки сырой нефти) и ULCC – Ultra Large Crude Oil Carrier (сверхбольшое судно для перевозки сырой нефти);
- 2) газовозы (*Liquefied Gas Tankers*) – это танкеры, предназначенные для перевозки природных и нефтяных газов в жидком состоянии под давлением и (или) при пониженной температуре, в специально предназначенных грузовых емкостях различных типов (рис. 1.6);
- 3) химовозы (*Chemical Tankers*) – это танкеры, предназначенные для перевозки жидких химических грузов, грузовая система и танки изготавливаются из специальной нержавеющей стали либо покрываются специальными кислотостойкими материалами (рис. 1.7).



Рис. 1.5. Нефтеналивной танкер (Oil tanker)



Рис. 1.6. Танкер-газовоз (Liquefied gas tanker)



Рис. 1.7. Танкер-химовоз (Chemical tanker)

Ролкеры «Ро-Ро» (*Rolker «Ro-Ro» ships*) – это суда (рис. 1.8) с горизонтальным способом погрузки, служат для перевозки груженых трейлеров (автоприцепов), колесной техники, контейнеров и пакетов.

Основные типы таких судов:

- тип «ро-ро» – только горизонтальный способ погрузки – накатная техника, грузы на европаллетах;
- тип «ло-ро» – смешанный тип погрузки – горизонтальный и вертикальный (т.е. с помощью крана).

Суда имеют один большой трюм и несколько палуб. Грузовые операции производятся у причала с помощью автопогрузчиков и платформ с тягачами через кормовые или носовые лацпорты (ворота) судна по специальным мосткам – рампам, а перемещают груз с палубы на палубу по внутренним аппаратам (устройство для въезда/съезда техники) или при помощи специальных лифтовых подъемников.



Рис. 1.8. Ролкеры «Ро-Ро» (*Rolker «Ro-Ro» ship*)

Лихтеровозы (*Lighter Ships*) – это суда (рис. 1.9), где в качестве грузовых единиц используются несамоходные баржи – лихтеры, погрузка которых на судно в порту производится с воды, а выгрузка соответственно на воду.



Рис. 1.9. Лихтеровоз (*Lighter ship*)

Рыболовное судно (*Fishing vessel*) – любое судно (рис. 1.10), используемое для промысла или для промысла и первичной обработки улова (рыбы и других живых ресурсов моря). К рыболовным судам относятся сейнеры, траулеры, ярусники и другие, различающиеся назначением, размерениями, типом промыслового устройства и рыбообрабатывающего оборудования, способом хранения улова.

Лесовоз (*Timber carrying vessel*) – сухогрузное судно, предназначенное для перевозки палубного лесного груза (рис. 1.11). При перевозке леса для полной загрузки судна значительную часть груза принимают на верхнюю палубу (караван).

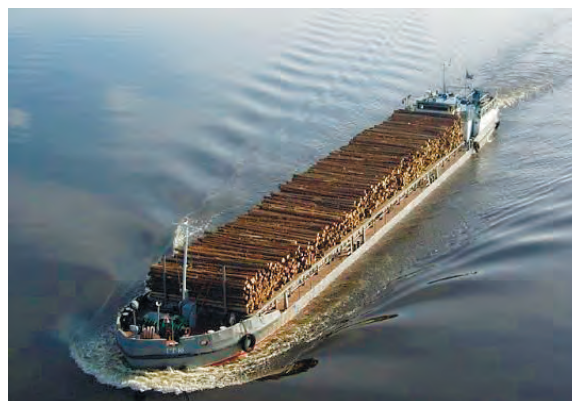


Палубу на лесовозах ограждают фальшбортом повышенной прочности и оснащают специальными устройствами для крепления каравана: деревянными или металлическими стенделями, установленными вдоль судна по бортам, и поперечными найтовыми.

*Пассажирские суда (Passenger Ships)* – это суда (рис. 1.12), предназначенные для перевозки более 12 пассажиров. Они подразделяются на рейсовые, круизные и суда местного сообщения. Отличительной особенностью является их высокая комфортабельность и скорость хода, а также повышенные по всем показателям нормы обеспечения безопасности пассажиров и всего судна в целом.



*Рис. 1.10. Рыболовные суда (Fishing vessel)*



*Рис. 1.11. Лесовозы (Timber carrying vessel)*



*Рис. 1.12. Пассажирские суда (Passenger ship)*



Служебно-вспомогательные суда – суда (рис. 1.13) для материально-технического обеспечения флота и служб, организующих их эксплуатацию. К ним относятся ледоколы, буксирные, спасательные, водолазные, патрульные, лоцманские суда, бункеровщики и т.п.

Парусное судно (*Sailing vessel*) – судно (рис. 1.14), для движения которого используется энергия ветра, преобразуемая с помощью парусов. Парусные суда различаются по числу мачт и типу парусного вооружения.



Рис. 1.13. Служебно-вспомогательные суда



Рис. 1.14. Парусные суда

## 1.2. Элементы конструкции корпуса судна

Конструкция корпуса (рис. 1.15) определяется назначением судна и характеризуется размерами, формой и материалом частей и деталей корпуса, их взаимным расположением, способами соединения.



Система набора определяется направлением большинства балок и бывает поперечная, продольная и комбинированная.

При *поперечной системе* набора балками главного направления будут: в палубных перекрытиях – бимсы, в бортовых – шпангоуты, в днищевых – флоры. Такая система набора применяется на сравнительно коротких судах (до 120 метров длины) и наиболее выгодна на ледоколах и судах ледового плавания, так как обеспечивает высокую сопротивляемость корпуса при поперечном сжатии корпуса льдом.



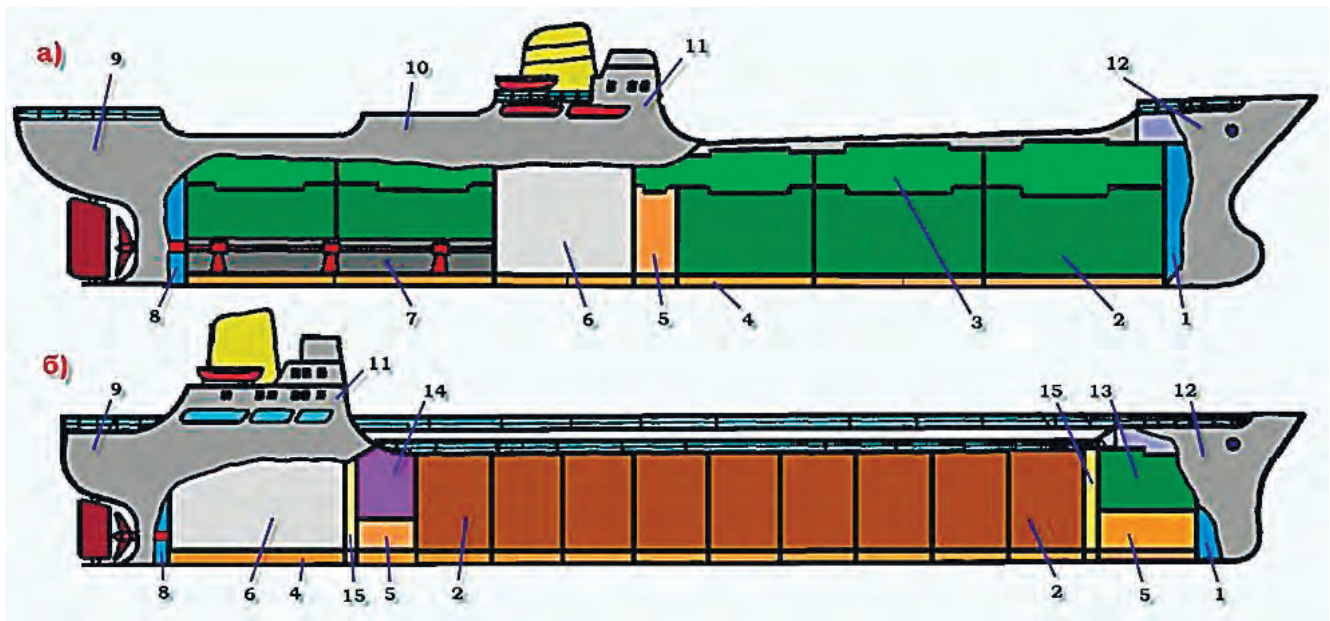


Рис. 1.15. Внутреннее устройство судна: а) сухогрузное судно; б) танкер;

1 – форпик; 2 – грузовые трюмы (танки); 3 – твиндек; 4 – двойное дно; 5 – дилтанк;  
6 – машинное отделение; 7 – туннель гребного вала; 8 – ахтерпик; 9 – ют; 10 – средняя надстройка;  
11 – рубка; 12 – бак; 13 – сухогрузный трюм; 14 – насосное отделение; 15 – коффердам



При продольной системе набора во всех перекрытиях в средней части длины корпуса балки главного направления расположены вдоль судна. Оконечности же судна при этом набираются по поперечной системе набора, т.к. в оконечностях продольная система неэффективна. Балками главного направления в средних днищевых, бортовых и палубных перекрытиях являются соответственно днищевые, бортовые и подпалубные продольные ребра жесткости: стрингеры, карлингсы, киль. Перекрестными связями служат флоры, шпангоуты и бимсы.

Применение продольной системы в средней части длины судна позволяет обеспечить высокую продольную прочность. Поэтому данная система применяется на длинных судах, испытывающих действие большого изгибающего момента.

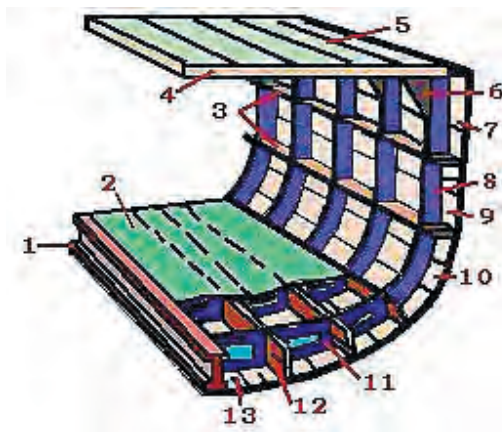


Рис. 1.16. Смешанный набор судна:

1 – киль; 2 – настил второго дна; 3 – бортовые стрингеры;  
4 – бимс; 5 – палубный стрингер; 6 – кница; 7 – ширстрек;  
8 – шпангоут; 9 – бортовой пояс; 10 – скуловой пояс;  
11 – флор; 12 – днищевой стрингер; 13 – килевой пояс

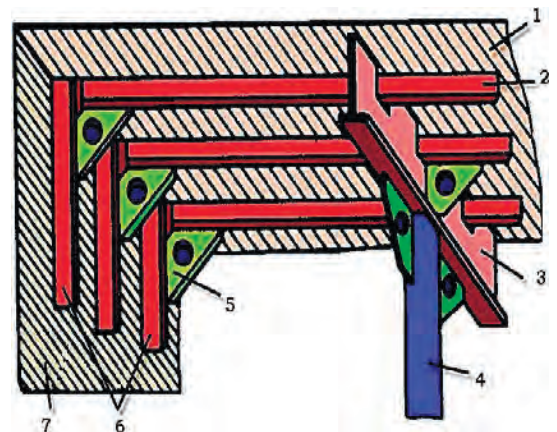


Рис. 1.17. Подпалубный набор:

1 – палубный настил; 2 – бимсы;  
3 – карлингс; 4 – пиллерс; 5 – бимсовые кницы;  
6 – шпангоуты; 7 – бортовая обшивка

При комбинированной системе набора палубные и днищевые перекрытия в средней части длины корпуса набираются по продольной системе набора, а бортовые перекрытия в средней части и все перекрытия в оконечностях – по поперечной системе набора. Комбинированная система набора применяется на крупнотоннажных сухогрузных судах и танкерах. Смешанная система набора судна характеризуется примерно одинаковыми расстояниями между продольными и поперечными балками. В носовой и кормовой частях судна набор закрепляется на замыкающих корпус форштевне и ахтерштевне.

Корпус судна представляет собой сложное инженерное сооружение, которое в процессе эксплуатации постоянно подвергается деформации, особенно при плавании на волнении или во время грузовых работ. Так, при прохождении вершины волны через середину судна корпус испытывает растяжение, при одновременном попадании носовой и кормовой оконечностей на гребни волн корпус испытывает сжатие. Также равномерное распределение груза по грузовым помещениям судна не всегда представляется возможным. Возникает деформация общего изгиба, в результате чего судно может переломиться (рис. 1.18). Способность судна сопротивляться общему изгибу называется *общей продольной прочностью*.



Рис. 1.18. Распределение нагрузок на корпусе судна на волне

Различают, кроме общей прочности, *местную прочность*, то есть допустимую нагрузку на палубы трюмов, твиндеков, главную палубу и крышки трюмов. Ее значение дается в Информации об остойчивости и прочности для капитана.

<i>Автономность плавания</i>	длительность пребывания судна в рейсе без пополнения запасов топлива, провизии и пресной воды
<i>Ахтерпик</i>	крайний кормовой отсек судна, занимает пространство от передней кромки ахтерштевня до первой от него кормовой водонепроницаемой переборки. Используется как балластная цистерна для устранения дифферента судна и хранения запаса воды
<i>Аппарель (рампа)</i>	составная платформа, предназначенная для въезда машин различных типов самостоятельно или с помощью специальных тягачей с берега на одну из палуб судна и съезда обратно
<i>Ахтерштевень</i>	нижняя кормовая часть судна в виде открытой или закрытой рамы, которая служит продолжением киля. Передняя ветвь ахтерштевня, в которой находится отверстие для дейдвудной (дейдвуд) трубы, называется старнпостом, задняя, служащая для навески руля, – рудерпостом. На современных одновинтовых судах получил распространение ахтерштевень без рудерпоста
<i>Бак</i>	надстройка в носовой оконечности судна, начинающаяся от форштевня. Служит для защиты верхней палубы от заливания на встречной волне, а также для повышения запаса плавучести и размещения служебных помещений. Частично утопленный в корпус судна бак (обычно на половину высоты) называется полубаком. На палубе бака или внутри него обычно располагают якорное и швартовное устройства



<i>Балласт</i>	груз, принимаемый на судно для обеспечения требуемой посадки и остойчивости, когда полезного груза и запасов для этого недостаточно. Различают переменный и постоянный балласт. В качестве переменного балласта обычно используют воду (жидкий балласт), а постоянного – чугунные чушки, смесь цемента с чугунной дробью, резе цепи, камень и т.п. (твердый балласт)
<i>Баллер руля</i>	неподвижно соединенный с пером руля (насадкой) вал, служащий для поворота пера руля (насадки)
<i>Бимс</i>	балка поперечного набора судна, преимущественно таврового профиля, поддерживающая настил палубы (платформы). Бимсы сплошных участков палубы опираются концами на шпангоуты, в пролете – на карлингсы и продольные переборки, в районе люков – на бортовые шпангоуты и продольные комингсы люков (такие бимсы часто называют полубимсами)
<i>Борт</i>	боковая стенка корпуса судна, простирающаяся по длине от форштевня до ахтерштевня, а по высоте от днища до верхней палубы. Обшивка борта состоит из листов, ориентированных вдоль судна, образующих поясья, а набор – из шпангоутов и продольных ребер жесткости или бортовых стрингеров. Высотой непроницаемого надводного борта определяется запас плавучести
<i>Бракета</i>	прямоугольной или более сложной формы пластина, служащая для подкрепления балок судового набора или соединения их между собой
<i>Брештук</i>	горизонтальная треугольная или трапециевидная bracketa, соединяющая боковые стенки форштевня (ахтерштевня) и придающая ему необходимую прочность и жесткость
<i>Брашпиль</i>	палубный механизм лебедочного типа с горизонтальным валом, предназначенный для подъема якоря и натяжения тросов при швартовке
<i>Буй</i>	плавучий знак навигационной обстановки, предназначенный для ограждения опасных мест (мелей, рифов, банок и т.п.), в морях, проливах, каналах, портах
<i>Бридель</i>	якорная цепь, прикрепляемая коренным концом к мертвому якорю на грунте, а ходовым – к рейдовой швартовной бочке
<i>Бульб</i>	утолщение подводной части носа судна, обычно круглое или каплеобразное, которое служит для улучшения ходкости
<i>Валопровод</i>	предназначен для передачи крутящего момента (мощности) от главного двигателя к движителю. Основными элементами валопровода являются: гребной вал, промежуточные валы, главный упорный подшипник, опорные подшипники, дейдвудное устройство
<i>Ватервейс</i>	специальный канал по кромке палубы, служащий для стока воды
<i>Ватерлиния</i>	линия, нанесенная на борту судна, которая показывает его осадку с полным грузом в месте соприкосновения поверхности воды с корпусом плавающего судна
<i>Вертлюг</i>	приспособление для соединения двух частей якорной цепи, позволяющее одной из них вращаться вокруг своей оси. Применяется для предупреждения закручивания якорной цепи при разворачивании судна, стоящего на якорю, при изменении направления ветра
<i>Водоизмещение порожнем</i>	водоизмещение судна без груза, топлива, смазочного масла, балластной, пресной, котельной воды в цистернах, провизии, расходных материалов, а также без пассажиров, экипажа и их вещей
<i>Гак</i>	стальной крюк, используемый на судах для подъема груза кранами, стрелами и другими приспособлениями

<i>Гельмпорт</i>	вырез в нижней части кормы или в ахтерштевне судна для прохода баллера руля. Над гельмпортом обычно устанавливается гельмпортная труба, обеспечивающая непроницаемость прохода баллера к рулевой машине
<i>Грузовместимость</i>	суммарный объем всех грузовых помещений. Измеряется грузовместимость в м <sup>3</sup> . Валовая вместимость, измеряемая в регистровых тоннах (1 рег. т = 2,83 м <sup>3</sup> ), представляет собой полный объем помещений корпуса и закрытых надстроек, за исключением объемов отсеков двойного дна, цистерн водяного балласта, а также объемов некоторых служебных помещений и постов, расположенных на верхней палубе и выше (рулевой и штурманской рубки, камбуза, санузлов экипажа, световых люков, шахт, помещений вспомогательных механизмов и пр.). Чистую вместимость получают в результате вычета из валовой вместимости объемов помещений, непригодных для перевозки коммерческого груза, пассажиров и запасов, в том числе жилых, общественных и санитарных помещений экипажа, помещений, занятых палубными механизмами и навигационными приборами, машинного отделения и т.п. Иными словами, в чистую вместимость входят только помещения, которые приносят судовладельцу непосредственный доход
<i>Грузоподъемность</i>	вес различного рода грузов, которые может перевезти судно при условии сохранения проектной посадки. Существует чистая грузоподъемность и дедвейт
<i>Грузоподъемность чистая</i>	полная масса перевозимого судном полезного груза, то есть масса груза в трюмах и масса пассажиров с багажом и предназначенных для них пресной водой и провизией, масса выловленной рыбы и т.п., при загрузке судна по расчетную осадку
<i>Дальность плавания</i>	наибольшее расстояние, которое судно может пройти с заданной скоростью без пополнения запасов топлива, котельно-питательной воды и смазочного масла
<i>Дедвейт</i>	разность между водоизмещением судна по грузовую ватерлинию, соответствующую назначенному летнему надводному борту в воде с плотностью 1,025 т/м <sup>3</sup> , и водоизмещением порожнем
<i>Дейдвудная труба</i>	служит для поддержания гребного вала и обеспечения водонепроницаемости в том месте, где он выходит из корпуса
<i>Дифферент</i>	наклон судна в продольной плоскости. Дифферент характеризует посадку судна и измеряется разностью его осадок (углублений) кормой и носом. Дифферент считается положительным, когда осадка носом больше осадки кормой.
<i>Кабельтов</i>	десятая часть мили. Следовательно, значение кабельтова составляет 185,2 метра
<i>Карлингс</i>	продольная подпалубная балка судна, поддерживающая бимсы и обеспечивающая вместе с остальным набором палубного перекрытия его прочность при действии поперечной нагрузки и устойчивость при общем изгибе судна. Опорами для карлингса служат поперечные переборки корпуса, поперечные комингсы люков и пиллерсы
<i>Качка</i>	колебательные движения около положения равновесия, совершаемые свободно плавающим на поверхности воды судном. Различают бортовую, килевую и вертикальную качки. Период качки – продолжительность одного полного колебания.
<i>Кингстон</i>	заборный клапан на подводной части наружной обшивки судна. Через кингстон, присоединяемые к приемным или отливным патрубкам судовых систем (балластной, противопожарной и пр.), заполняют отсеки судна заборной водой и отливают воду за борт
<i>Киль</i>	основная продольная днищевая балка в диаметральной плоскости (ДП) судна, идущая от форштевня до ахтерштевня
<i>Клюз</i>	отверстие в корпусе судна, окаймленное чугуном или стальной литой рамой для пропуска якорной цепи или швартовых тросов



<i>Кнехт</i>	парная тумба с общим основанием на палубе судна, служащая для закрепления накладываемого восьмерками швартового или буксирного троса
<i>Комингс</i>	вертикальное водонепроницаемое ограждение люков и других вырезов в палубе судна, а также нижняя часть переборки под вырезом двери (порог). Предохраняет помещения под люком и за дверью от попадания воды в незакрытом положении
<i>Кница</i>	треугольной или трапецевидной формы пластина, соединяющая сходящиеся под углом балки набора корпуса судна (шпангоуты с бимсами и флорами, стойки переборок со стрингерами и ребрами жесткости и т.п.)
<i>Коффердам</i>	узкий непроницаемый отсек, разделяющий соседние помещения на судне. Коффердам препятствует проникновению выделяемых нефтепродуктами газов из одного помещения в другое. Например, на танкерах грузовые цистерны отделены коффердамом от носовых помещений и машинного отделения
<i>Леер</i>	ограждение открытой палубы в виде нескольких натянутых тросов или металлических прутков
<i>Льяло</i>	углубление по длине трюма (отсека) судна между скуловым поясом наружной обшивки и наклонным междудонным листом (скуловым стрингером), предназначенное для сбора трюмной воды и последующего удаления ее с помощью осушительной системы
<i>Мидель-шпангоут</i>	шпангоут, находящийся на середине расчетной длины судна
<i>Пайол</i>	деревянный настил на палубе трюма
<i>Планишрь</i>	планка из стали или дерева, прикрепляемая к верхней кромке фальшборта
<i>Подволоок</i>	зашивка потолка жилых и многих служебных помещений судна, то есть нижние стороны палубного перекрытия. Выполняется из тонких металлических листов или негорючего пластика
<i>Пиллерс</i>	одиночная вертикальная стойка, поддерживающая палубное перекрытие судна; может служить также опорой для тяжелых палубных механизмов и грузов. Концы пиллерса соединяются с балками набора при помощи книц
<i>Рангоут</i>	совокупность надпалубных конструкций и деталей судового оборудования, предназначенного на судах с механическими двигателями для размещения судовых огней, средств связи, наблюдения и сигнализации, крепления и поддержания грузовых устройств (мачты, стрелы и т.п.)
<i>Ростры</i>	решетчатый настил на полубимсах, между рубкой и специальными стойками по борту судна. На рострах могут размещаться спасательные и рабочие шлюпки. На грузовых судах на рострах устанавливают грузовые лебедки и другое оборудование, хранят запасные части и прочее
<i>Рулевое устройство</i>	устройство, обеспечивающее поворотливость и устойчивость судна на курсе. Включает руль, румпель, рулевую машину и пост управления. Создаваемое рулевой машиной усилие передается на румпель, что вызывает вращение баллера, а вместе с ним перекладку руля
<i>Рыбинсы</i>	продольные деревянные рейки, толщиной 40–50 мм и шириной 100–120 мм, устанавливают в специальные скобы, приваренные к шпангоутам. Предназначены для предохранения груза от подмочки и повреждения упаковки бортовым набором
<i>Скула</i>	место перехода от днища к борту судна
<i>Стрингер</i>	продольный элемент набора корпуса судна в виде листовой или тавровой балки, стенка которой перпендикулярна к обшивке корпуса. Различают днищевой, скуловой, бортовой и палубный стрингер

<i>Талреп</i>	приспособление для натягивания стоячего такелажа и найтовов
<i>Твиндек</i>	пространство внутри корпуса судна между двумя палубами или между палубой и платформой
<i>Фальшборт</i>	ограждение открытой палубы в виде сплошной стенки высотой не менее 1 м
<i>Филенка дверей</i>	лист фанеры или пластика, закрывающий отверстие в судовой двери, предназначенное для аварийного выхода из помещения
<i>Флор</i>	стальной лист, нижняя кромка которого приварена к днищевой обшивке, а к верхней кромке приварена стальная полоса. Флоры идут от борта до борта, где они соединяются со шпангоутами скуловыми кницами
<i>Форпик</i>	крайний носовой отсек судна, простирающийся от форштевня до таранной (форпиковой) переборки, обычно служит балластной цистерной.
<i>Форштевень</i>	брус по контуру носового заострения судна, соединяющий обшивку и набор правого и левого бортов. В нижней части форштевень соединяется с килем. Форштевню придается наклон к вертикали для повышения мореходности и предохранения разрушения подводной части корпуса при ударе
<i>Швартов</i>	трос, обычно с огоном на конце, предназначенный для подтягивания и удерживания судна у причала или у борта другого судна. В качестве швартовов используются стальные, а также растительные и синтетические тросы из прочных, гибких и износостойких волокон
<i>Шпация</i>	расстояние между соседними балками набора корпуса судна. Поперечная шпация – расстояние между основными шпангоутами, продольная – между продольными балками
<i>Шпигат</i>	отверстие в палубе для удаления воды

### 1.3. Понятия об остойчивости судна

#### Элементы начальной поперечной остойчивости



*Остойчивость* – это способность судна, выведенного внешним воздействием из положения равновесия, возвращаться в него после прекращения этого воздействия.

Основной характеристикой остойчивости является *восстанавливающий момент*, который должен быть достаточным для того, чтобы судно противостояло статическому или динамическому (внезапному) действию кренящих моментов, возникающих от смещения грузов, под воздействием ветра, волнения и по другим причинам. Кренящий и восстанавливающий моменты действуют в

противоположных направлениях и при равновесном положении судна равны.

Различают *поперечную остойчивость*, соответствующую наклонению судна в поперечной плоскости (крен судна), и *продольную остойчивость* (дифферент судна).

Продольная остойчивость морских судов заведомо обеспечена и ее нарушение практически невозможно, в то время как размещение и перемещение грузов приводят к изменениям поперечной остойчивости.

При наклонении судна его *центр величины* (ЦВ) будет перемещаться по некоторой кривой, называемой *траекторией ЦВ*. При малом наклонении судна (не более  $12^\circ$ ) допускают, что траектория ЦВ совпадает с плоской кривой, которую можно считать дугой радиуса  $r$  с центром в точке  $m$  (рис. 1.19).



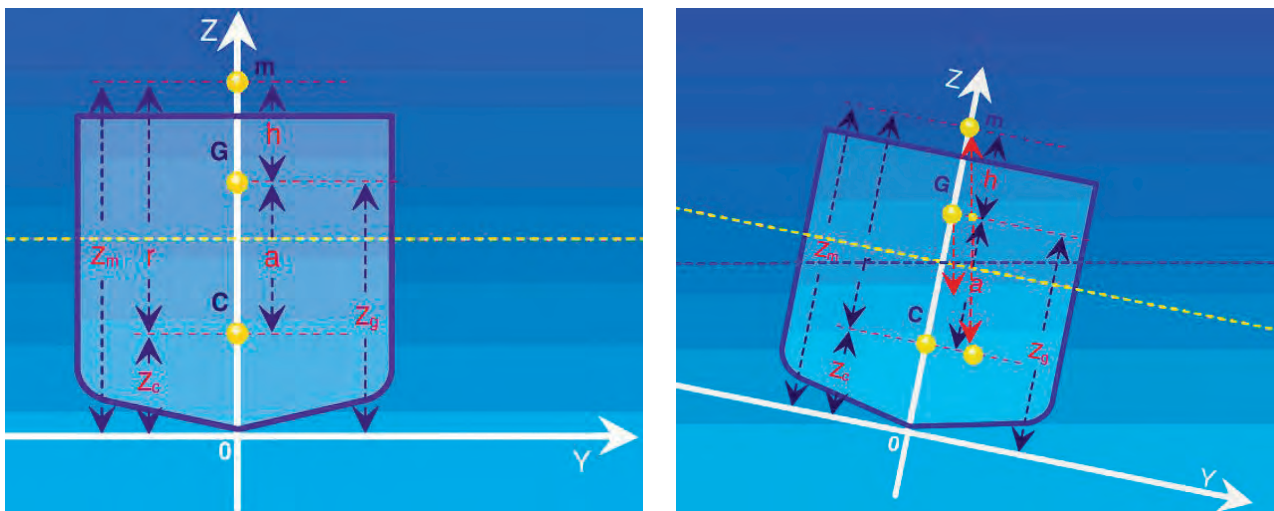


Рис. 1.19. Элементы начальной поперечной остойчивости:  
 $OG$  – возвышение центра тяжести над килем;  $Om$  – возвышение метацентра над килем;  
 $Gm$  – метацентрическая высота;  $Cm$  – метацентрический радиус;  
 $m$  – метацентр;  $G$  – центр тяжести;  $C$  – центр величины

Радиус  $r$  называют поперечным метацентрическим радиусом судна, а его центр  $m$  – начальным метацентром судна.

Метацентр – центр кривизны траектории, по которой перемещается центр величины  $C$  в процессе наклонения судна. Если наклонение происходит в поперечной плоскости (крен), метацентр называют поперечным, или малым, при наклонении в продольной плоскости (дифферент) – продольным, или большим. Соответственно различают поперечный (малый)  $r$  и продольный (большой)  $R$  метацентрические радиусы, представляющие радиусы кривизны траектории  $C$  при крене и дифференте.

Расстояние между начальным метацентром  $m$  и центром тяжести судна  $G$  называют начальной метацентрической высотой (или просто метацентрической высотой) и обозначают буквой  $h$ .

$$h = z_c + r - z_g; \quad h = z_m - z_c; \quad h = r - a,$$

где  $a$  – возвышение центра тяжести (ЦТ) над ЦВ.

Метацентрическая высота является мерой начальной остойчивости судна. Для положительной остойчивости судна необходимо, чтобы метацентр находился выше ЦТ судна.

Возможны три случая расположения метацентра  $m$  относительно центра тяжести судна  $G$ :

- метацентр  $m$  расположен выше ЦТ судна  $G$  ( $h > 0$ ). При малом наклонении силы тяжести и силы плавучести создают пару сил, момент которой стремится вернуть судно в первоначальное равновесное положение;
- ЦТ судна  $G$  расположен выше метацентра  $m$  ( $h < 0$ ). В этом случае момент пары сил веса и плавучести будет стремиться увеличить крен судна, что ведет к его опрокидыванию;
- ЦТ судна  $G$  и метацентр  $m$  совпадают ( $h = 0$ ). Судно будет вести себя неустойчиво, так как отсутствует плечо пары сил.

Физический смысл метацентра заключается в том, что эта точка служит пределом, до которого можно поднимать центр тяжести судна, не лишая судно положительной начальной остойчивости.

### Диаграмма статической остойчивости

Остойчивость судна при малых углах наклонения ( $\theta$  менее  $12^\circ$ ) называется начальной, в этом случае восстанавливающий момент линейно зависит от угла крена.

Рассмотрим равнообъемные наклонения судна в поперечной плоскости. При этом будем полагать, что:

- угол наклонения  $\theta$  является небольшим (до  $12^\circ$ );
- участок кривой  $CC_1$  траектории  $ЦВ$  является дугой круга, лежащей в плоскости наклонения;
- линия действия силы плавучести в наклонном положении судна проходит через начальный метациентр  $m$ .

При таких допущениях полный момент пары сил (сил веса и плавучести) действует в плоскости наклонения на плече  $GK$ , которое называется *плечом статической остойчивости*, а сам момент – *восстанавливающим моментом* и обозначается  $M_{\text{в}}$ .

$$M_{\text{в}} = Ph\theta$$

Эта формула носит название *метацентрической формулы поперечной остойчивости*.

При поперечных наклонениях судна на угол, превышающий  $12^\circ$ , пользоваться вышеприведенным выражением не представляется возможным, так как центр тяжести площади наклонной ватерлинии смещается с диаметральной плоскости, а центр величины перемещается не по дуге окружности, а по кривой переменной кривизны, то есть метацентрический радиус изменяет свою величину.

Для решения вопросов остойчивости на больших углах крена используют *диаграмму статической остойчивости (ДСО)*, представляющую собой график, выражающий зависимость плеч статической остойчивости от угла крена (рис. 1.20).

Диаграмма статической остойчивости строится при помощи *пантокарен* – это графики зависимости плеч остойчивости формы  $l_{\phi}$  от объемного водоизмещения судна и угла крена. Пантокарены конкретного судна строятся в конструкторском бюро для углов крена от  $0$  до  $90^\circ$  для водоизмещений от порожнего судна до водоизмещения судна в полном грузу (находятся на судне – таблицы кривых элементов теоретического чертежа).

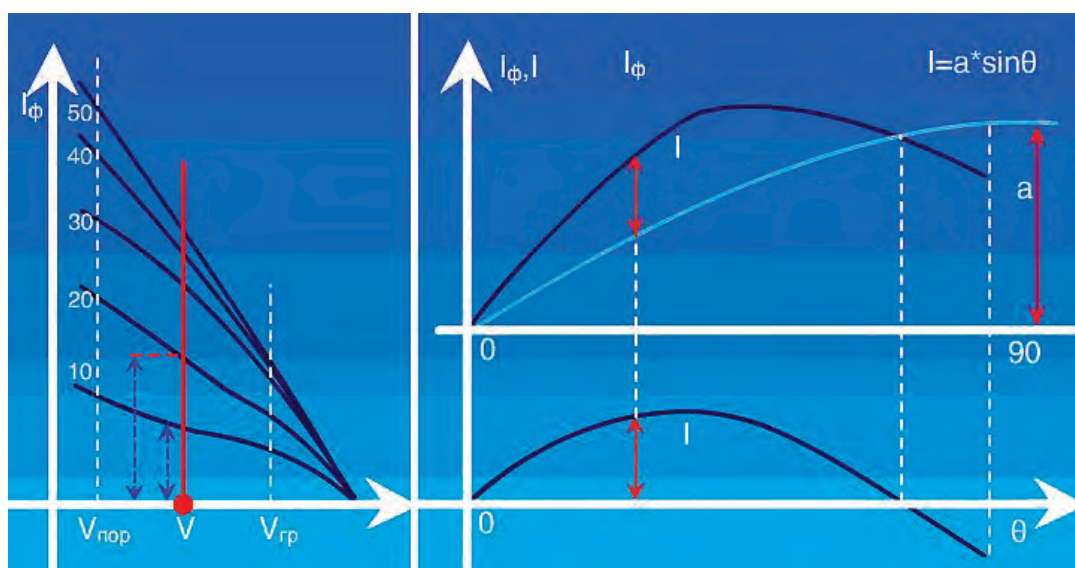


Рис. 1.20: а – пантокарены; б – графики для определения плеч статической остойчивости  $l$

Для построения ДСО необходимо:

- на оси абсцисс пантокарен отложить точку, соответствующую объемному водоизмещению судна на момент окончания погрузки;
- из полученной точки восстановить перпендикуляр и снять с кривых значения  $l_{\phi}$  для углов крена  $10, 200$  и т.д.;
- вычислить плечи статической остойчивости по формуле:

$$l = l_{\phi} - a * \sin \theta = l_{\phi} - (Z_g - Z_c) * \sin \theta,$$



где  $a = Z_g - Z_c$  (при этом аппликату ЦТ судна  $Z_g$  находят из расчета нагрузки, отвечающей данному водоизмещению – заполняют специальную таблицу, а аппликату ЦВ  $Z_c$  – из таблиц кривых элементов теоретического чертежа);

– построить кривую  $l_\phi$  и синусоиду  $a \cdot \sin \theta$ , разности ординат которых являются плечами статической остойчивости  $l$ .

Для построения диаграммы статической остойчивости на оси абсцисс откладывают углы крена  $\theta$  в градусах, а по оси ординат – плечи статической остойчивости в метрах (рис. 1.21). Диаграмму строят для определенного водоизмещения.

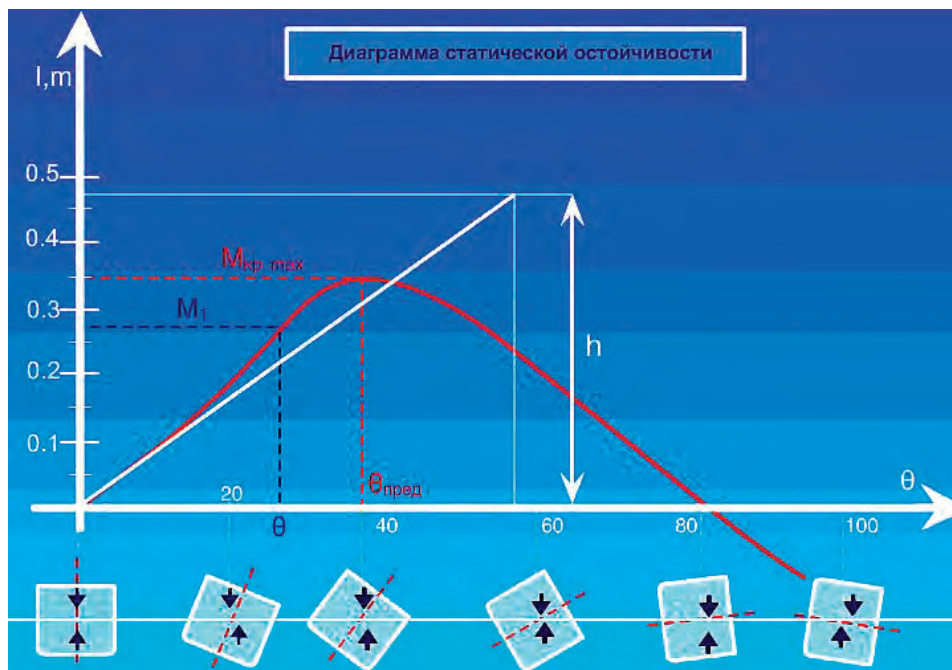


Рис. 1.21. Диаграмма статической остойчивости

На рис. 1.21 показаны определенные состояния судна при различных наклонениях:

- положение I ( $\theta = 0^\circ$ ) соответствует положению статического равновесия ( $l = 0$ );
- положение II ( $\theta = 20^\circ$ ) – появилось плечо статической остойчивости ( $l = 0,2$  м);
- положение III ( $\theta = 37^\circ$ ) – плечо статической остойчивости достигло максимума ( $l = 0,35$  м);
- положение IV ( $\theta = 60^\circ$ ) – плечо статической остойчивости уменьшается ( $l = 0,22$  м);
- положение V ( $\theta = 83^\circ$ ) – плечо статической остойчивости равно нулю. Судно находится в положении статического неустойчивого равновесия, так как даже небольшое увеличение крена приведет к опрокидыванию судна;
- положение VI ( $\theta = 100^\circ$ ) – плечо статической остойчивости становится отрицательным и судно опрокидывается.

Начиная с положений, больших, чем положение III, судно будет не способно самостоятельно вернуться в положение равновесия без приложения к нему внешнего усилия.

Таким образом, судно устойчиво в пределах угла крена от нуля до  $83^\circ$ . Точка пересечения кривой с осью абсцисс, соответствующая углу опрокидывания судна ( $\theta = 83^\circ$ ), называется *точкой заката диаграммы*, а данный угол – *углом заката диаграммы*.

Максимальный кренящий момент  $M_{kr \max}$ , который может выдержать судно не опрокидываясь, соответствует максимальному плечу статической остойчивости.

Пользуясь диаграммой статической остойчивости, можно определить угол крена по известному кренящему моменту  $M_1$ , возникшему под действием ветра, волнения, смещения груза и т.д. Для его определения проводят горизонтальную линию, выходящую из точки  $M_1$ , до пересечения с кривой диаграммы, и из полученной точки опускают перпендикуляр на ось абсцисс ( $\theta = 26^\circ$ ). Таким же образом решается и обратная задача.

По диаграмме статической остойчивости можно определить величину начальной метацентрической высоты (рис. 1.21), для нахождения которой необходимо:

- из точки на оси абсцисс, соответствующей углу крена  $57,3^\circ$  (один радиан), восстановить перпендикуляр;
- из начала координат провести касательную к начальному участку кривой;
- измерить отрезок перпендикуляра, заключенный между осью абсцисс и касательной, который в масштабе плеч остойчивости равен метацентрической высоте судна.

### Диаграмма динамической остойчивости



На практике часто на судно действует внезапно возникший динамический момент (шквал ветра, удар волны, лопнувший буксир и т.п.). Судно при этом получает динамический угол крена, хотя и кратковременный, но значительно превышающий крен, который мог бы возникнуть при статическом действии этого же момента.

Представим, что к судну, находящемуся в нормальном (прямом) положении, внезапно приложен кренящий момент  $M_{кр}$ , под действием которого судно начнет крениться с постоянно нарастающей скоростью (с ускорением), так как в начальный период восстанавливающий момент  $M_v$  будет нарастать значительно медленнее  $M_{кр}$ . После достижения судном угла статического равновесия  $\theta_{ст}$ , то есть когда  $M_{кр} = M_v$ , угловая скорость максимальна. Судно по инерции продолжает крениться, но уже с убывающей угловой скоростью (замедлением). Объясняется это тем, что  $M_v$  становится больше, чем  $M_{кр}$ .

В какой-то момент угловая скорость становится равной 0, накренивание судна прекращается (судно «замрет» в нижней точке крена) и угол крена достигает своего максимума. Этот угол называется *углом динамического крена*  $\theta_{дин}$ . Затем судно начнет возвращаться в первоначальное положение.

Под динамическим кренящим моментом, который обычно называют опрокидывающим моментом, понимают величину максимально приложенного к судну момента, которую оно может выдержать не опрокидываясь.

Динамической остойчивостью называют способность судна выдерживать динамическое воздействие кренящего момента.

Относительной мерой динамической остойчивости является *плечо динамической остойчивости*  $l_{дин}$ .

Кривую, выражающую зависимость работы восстанавливающего момента или плеча динамической остойчивости от угла крена, называют *диаграммой динамической остойчивости* (ДДО).

При построении диаграммы динамической остойчивости (рис. 1.22) по результатам вышеприведенной таблицы динамический кренящий момент принимают постоянным по углам крена. Следовательно, его работа находится в линейной зависимости от угла  $\theta$ , а график произведения  $f(\theta) = l_{кр} \cdot \theta$  изобразится на диаграмме динамической остойчивости прямой наклонной линией, проходящей через начало координат. Для ее построения достаточно провести вертикаль через точку, отвечающую крену в 1 радиан, и отложить на этой вертикали заданное плечо  $l_{кр}$ . Прямая, соединяющая таким образом точку Е с началом координат О представит искомый график  $f(\theta) = l_{кр} \cdot \theta$ , то есть график работы кренящего момента, отнесенный к силе веса судна Р. Эта прямая пересечет диаграмму динамической остойчивости в точках А и В. Абсцисса точки А определяет угол динамического крена  $\theta$ , при котором имеет равенство работ кренящего и восстанавливающего моментов. Точка В практического значения не имеет.

Если построенный таким образом график произведения  $l_{кр} \cdot \theta$  вообще не пересекает диаграмму динамической остойчивости, то это означает, что судно опрокидывается.

Для нахождения опрокидывающего момента, который еще может выдержать судно не опрокидываясь, следует провести из начала координат касательную к диаграмме динамической остойчивости до пересечения ее в точке D с вертикалью, соответствующей крену в 1 радиан. Отрезок этой вертикали от



оси абсцисс до пересечения ее с касательной дает плечо опрокидывающего момента  $l_{opr}$ , а сам момент определится умножением плеча  $l_{opr}$  на силу веса судна  $P$ . Точка касания  $C$  определит предельный угол динамического крена  $\theta_{дин.пред}$ .

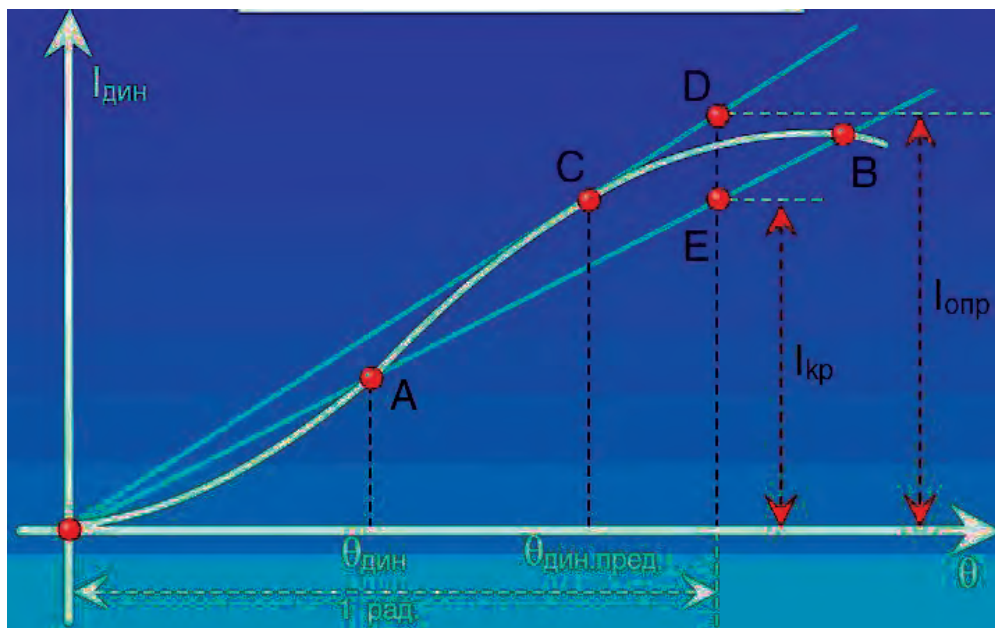


Рис. 1.22. Диаграмма динамической устойчивости

## Критерии устойчивости

Международный кодекс остойчивости судов в неповрежденном состоянии (Кодекс ОНС 2008 года) ввел следующие критерии остойчивости для транспортных судов.

1) **Критерий сильного ветра и бортовой качки (погоды) К.** Способность судна противостоять совместному воздействию ветра с траверза и бортовой качки должна быть продемонстрирована, как показано на рис. 1.23, с учетом следующего:

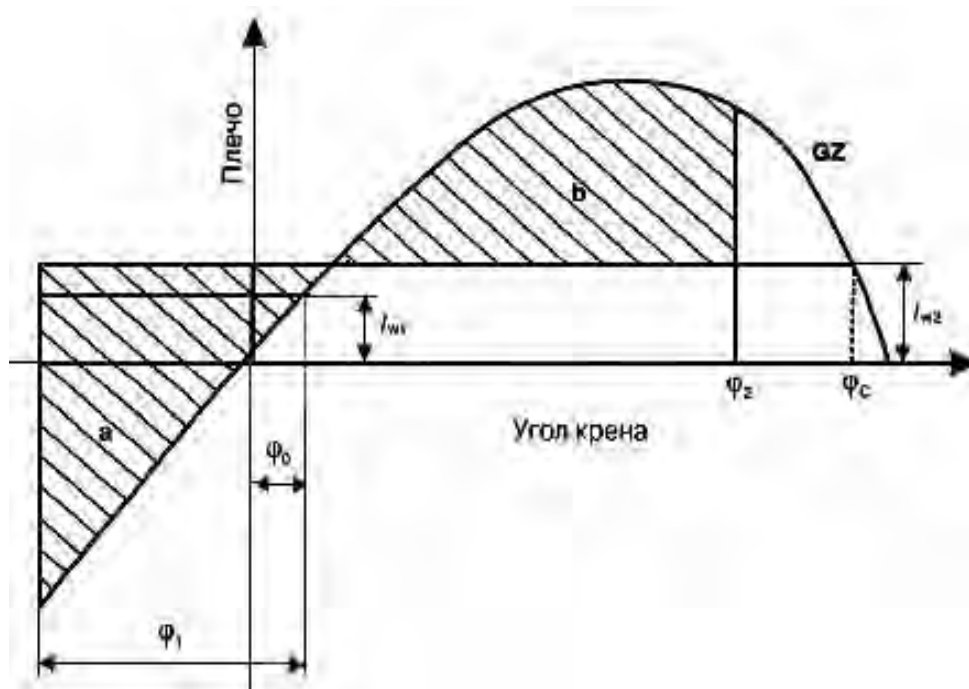


Рис. 1.23. Воздействие сильного ветра и бортовой качки