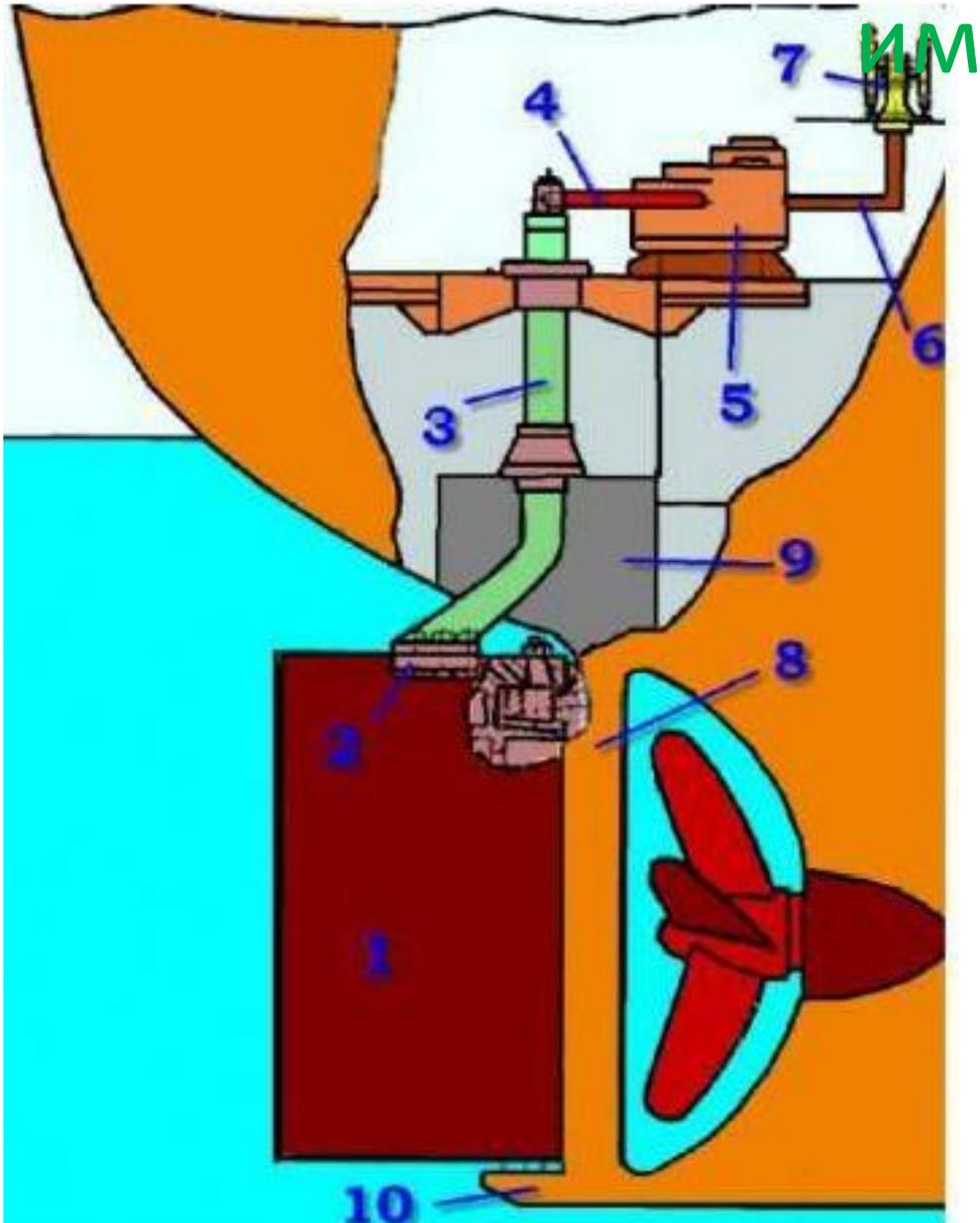


# Рулевые машины

Курс **ЭСВМ**

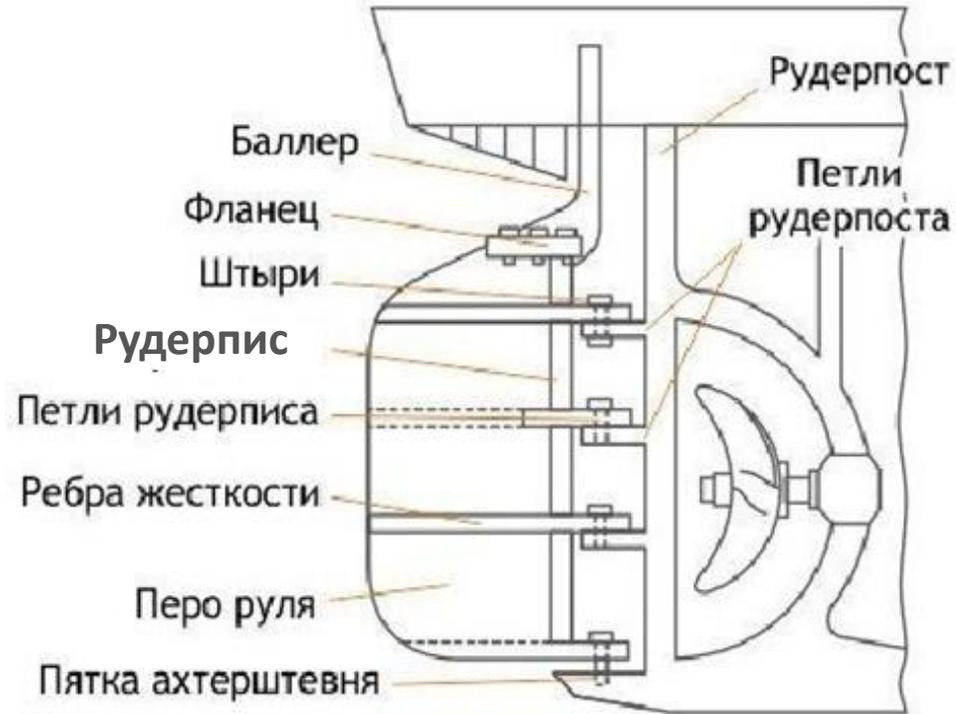
# Вспомн



## Названия деталей рулевого устройства

- Рулевое устройство: 1 - перо руля;  
2 - фланцевое соединение;  
3 - баллер;  
4 – **румпель** (рулевой привод);  
5 - рулевая машина;  
6 - рулевая передача;  
7 - штурвал ручного управления;  
8 - **рудерпост**;  
9 - **гельмпортная труба**;  
10 - пятка ахтерштевня

**Рудерпис** [англ. **rudder-piece**] – мор. вертикальная часть рулевой рамы, к которой крепится плоскость (перо) руля. а также штыры с крючьями или петлями для навешивания на рудерпост.



Обыкновенный плоский руль

Перо руля имеет каркас, который состоит из **рудерписа**, горизонтальных ребер и вертикальных диафрагм, толщину которых принимают не менее толщины обшивки пера. Рудерпис выполняется литым, кованным, из цельнотянутых труб или сварным из листа. Горизонтальные ребра приваривают к рудерпису, а вертикальные диафрагмы — к горизонтальным ребрам и рудерпису. Перу руля придают обтекаемую форму.



Элементы рулевого устройства.

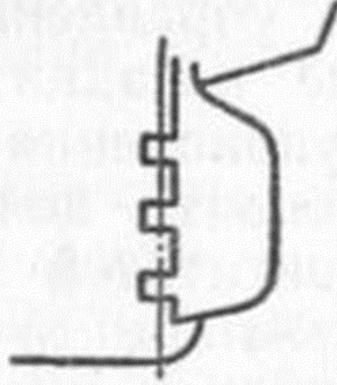
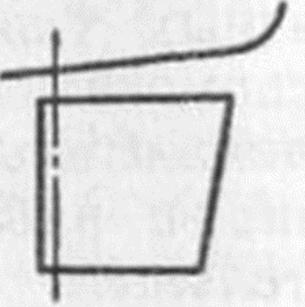
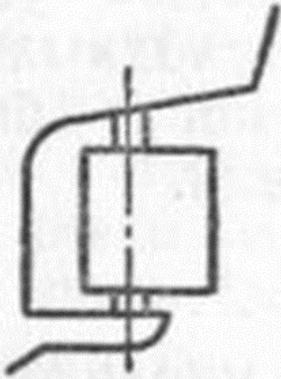
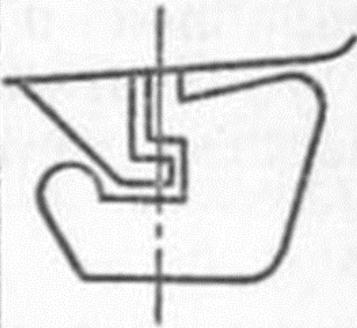
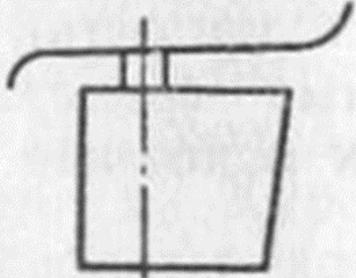
Рулевое устройство состоит из следующих основных элементов:

- пера руля или поворотной насадки, т. е. рулевого органа, непосредственно обеспечивающего управляемость судна;
- петель, крепящих перо руля к корпусу судна;
- баллера—вала для поворота руля (насадки);
- замка, соединяющего перо руля (насадку) с баллером;
- подшипников баллера, служащих его опорами;
- румпеля (или сектора), т. е. рычага, закрепленного на баллере руля (румпель входит в состав рулевой машины);
- рулевой машины-механизма, включающей комплекс передач и двигатель, которые обеспечивают создание момента на баллере руля (насадки) для его вращения;
- системы управления рулевой машиной (для связи поста управления судна с механизмом рулевой машины); система управления может быть простой, следящей и автоматической;
- аварийного и запасного рулевых приводов, используемых при выходе из строя основного рулевого привода;
- указателя положения руля — аксиометра, показывающего угол перекладки руля;
- ограничителя перекладки руля.

## Классификация рулей

### Рули и их геометрические характеристики

Судовой руль представляет собой крыло симметричного профиля. По способу соединения пера руля с корпусом корабля рули бывают простые, полуподвесные и подвесные, по положению оси баллера относительно пера руля — небалансирные и балансирные.

	<i>Простые</i>	<i>Полуподвесные</i>	<i>Подвесные</i>
<i>Небалансирные</i>		—	
<i>Балансирные</i>			

На судах устанавливаются только **балансирные или полубалансирные** рули. Отношение площади балансирной части руля к остальной называется **коэффициентом компенсации руля**. Обычно он колеблется в пределах от 0,2 до 0,3.

Наиболее важные геометрические характеристики руля: его **площадь  $S_p$** , **относительное удлинение  $\lambda_p$** , форма и **относительная толщина профиля поперечного сечения  $\Delta_p$** .

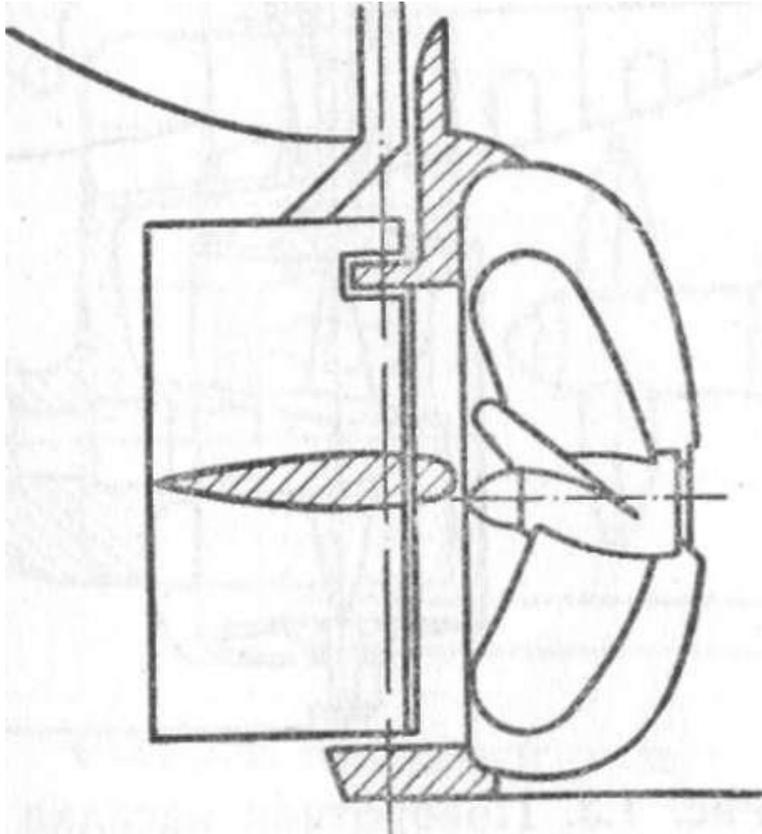
**Площадь** пера руля  $S_p$  составляет в среднем около **2%** погруженной площади диаметральной плоскости судна ( $L \times T$ ).

**Относительное удлинение**  $\lambda_p = h_p^2 / S_p$ , обычно колеблется в пределах от **0,4 до 2,5**. где  $h_p$  — высота пера руля,.

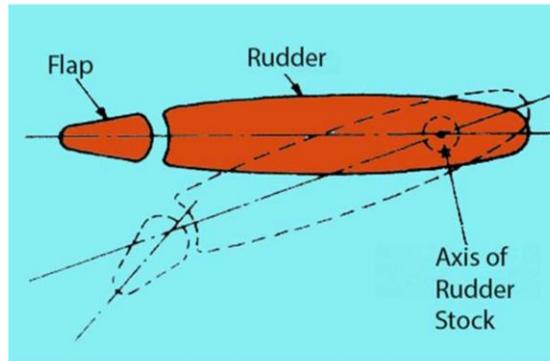
**Относительная толщина профиля** поперечного сечения руля  $\Delta_p = I_p / b_p$ , обычно равна **0,15—0,18**

где  $I_p$  — наибольшая толщина профиля, а  $b_p$  — средняя ширина руля.

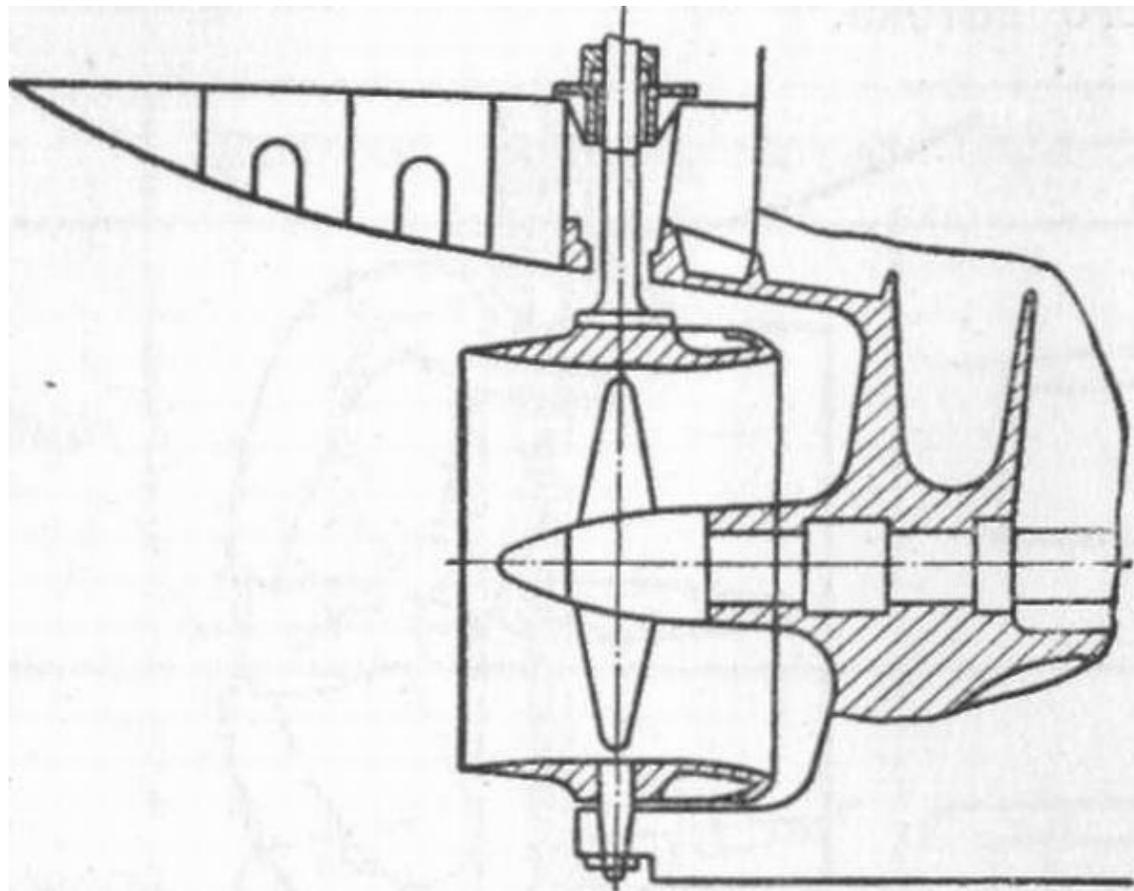
Для повышения пропульсивного к. п. д. гребного винта на рулях иногда устанавливают пропульсивные (грушевидные) наделки (рис.). Или закрылки (фото). Положительный эффект пропульсивных наделок / закрылок сводится к выравниванию попутного потока и уменьшению завихрений при работе винта.



Рулевое устройство (руль с закрылком)



Поворотные насадки представляют собой направляющую насадку гребного винта, укрепленную на вертикальном баллере, ось которого пересекается с осью гребного винта в плоскости диска винта (рис.). Поворотная направляющая насадка является частью движительного комплекса и одновременно служит органом управления, заменяя руль. Выведенная из ДП насадка работает как кольцевое крыло, на котором возникает боковая подъемная сила, вызывающая поворот судна.



## Взаимодействие руля с потоком воды.

Современные суда снабжаются небалансирными или балансирными обтекаемыми рулями симметричного профиля.

У небалансирных рулей ось совпадает с передней кромкой, у балансирных рулей ось находится за передней кромкой.

Когда такой руль находится в потоке воды, как изолированная пластина, обе его плоскости обтекаются потоком воды с одинаковой скоростью. Возникающие гидродинамические силы взаимно уравниваются. Когда руль повёрнут, условия обтекания плоскости руля изменяются, т.к. обтекание профиля сопровождается интенсивным вихреобразованием в пограничном слое.

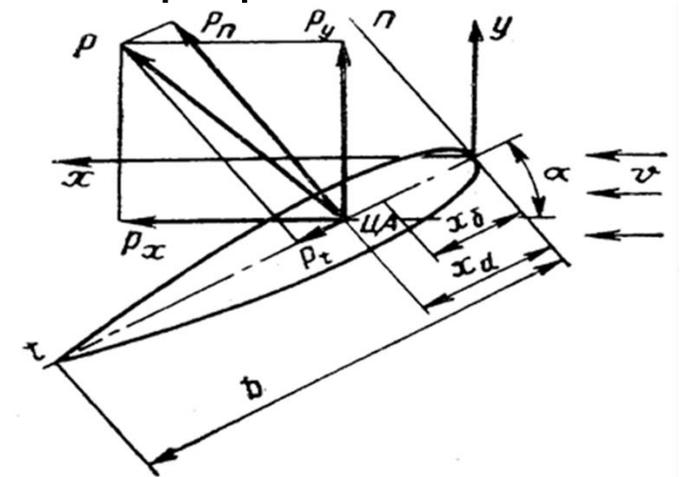
При этом образуется циркуляционное движение воды вблизи профиля.

Циркуляционное движение накладывается на основной поток, что приводит к изменению скоростей обтекания плоскостей руля, давления на плоскости и

возникновению гидродинамической силы давления

на руль  $P$ , приложенной в центре гидродинамического давления. Сила  $P$  раскладывается в двух координатных системах:

в системе потока и в системе руля (подробней – см. след. слайд).

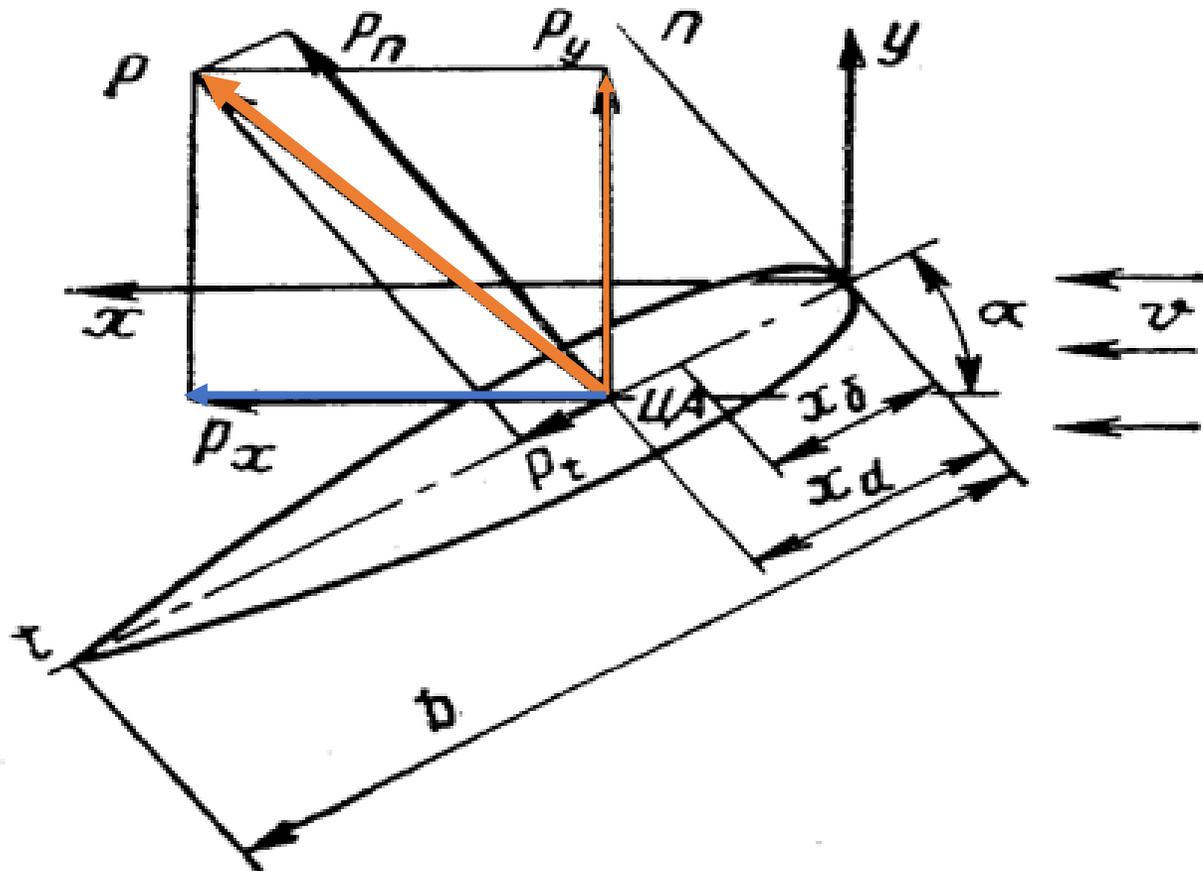


## Гидродинамические силы, действующие на руль (рис.)

Для установления оптимальных размеров элементов рулевого устройства необходимо определить силы, действующие на руль и момент на его баллере.

Равнодействующая гидродинамических сил  $\mathbf{P}$  приложена в точке  $O$  – центре давления воды на руль, расположенном в плоскости симметрии руля.

Равнодействующая гидродинамических сил раскладывается на составляющие:

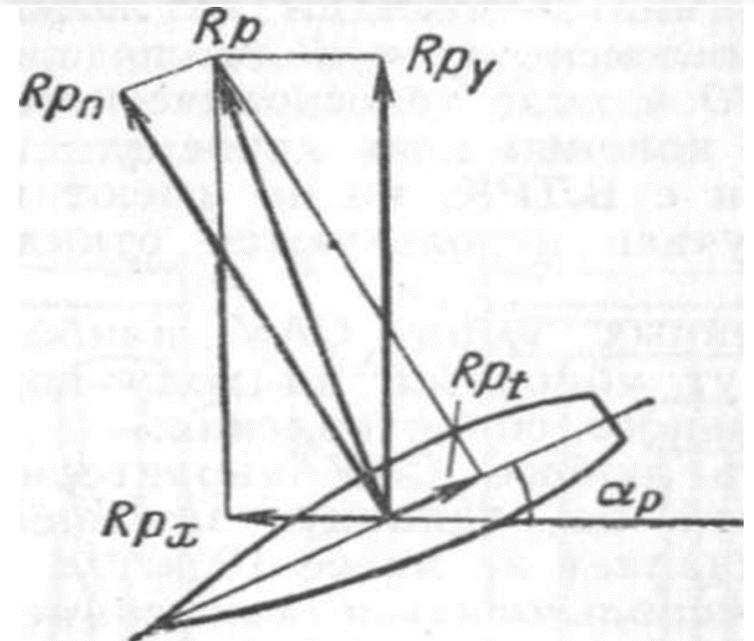


- по осям связанным с рулем:
  - нормальную силу  $P_n$ ;
  - тангенциальную силу  $P_t$ ;
- по осям связанным с набегающим на руль потоком:
  - подъемную силу  $P_y$  ;
  - лобовое сопротивление  $P_x$

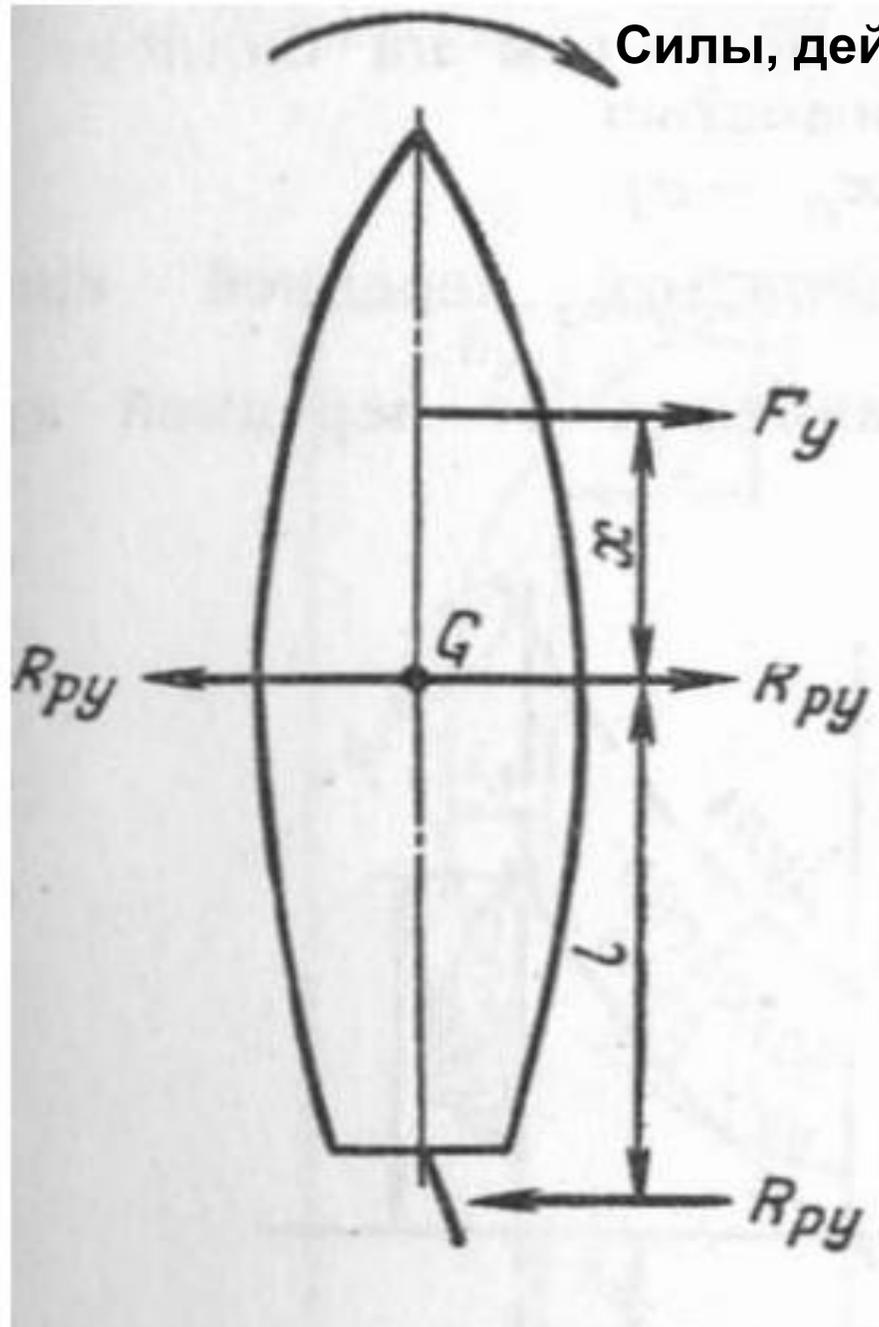
Гидродинамические силы связаны с равнодействующей и между собой следующими отношениями:

$$R_p = \sqrt{R_{py}^2 + R_{px}^2}; \quad (1.1)$$

$$R_p = \sqrt{R_{pn}^2 + R_{pt}^2}. \quad (1.2)$$



## Силы, действующие **На судно** при перекладке руля



Действие руля на переднем ходу (рис.). Перекладка руля на переднем ходу сопровождается появлением боковой гидродинамической силы  $R_{py}$ .

Прикладывая в **центре тяжести судна G** две равные и противоположно направленные силы  $R_{py}$  получают момент  $R_{py} \times l$ .

Действие момента  $R_{py} \times l$  сопровождается обратным смещением корабля и **появлением угла дрейфа  $\alpha$** . Наличие угла дрейфа приводит к образованию боковой силы  $F_y$ , приложенной **в центре сопротивления судна** и обратной по направлению  $R_{py}$ . Таким образом, разворачивающий момент при движении корабля на переднем ходу определится как сумма моментов от сил  $R_{py}$  и  $F_y$ :

$$M = R_{py}l + F_yx.$$

## **Циркуляция корабля**

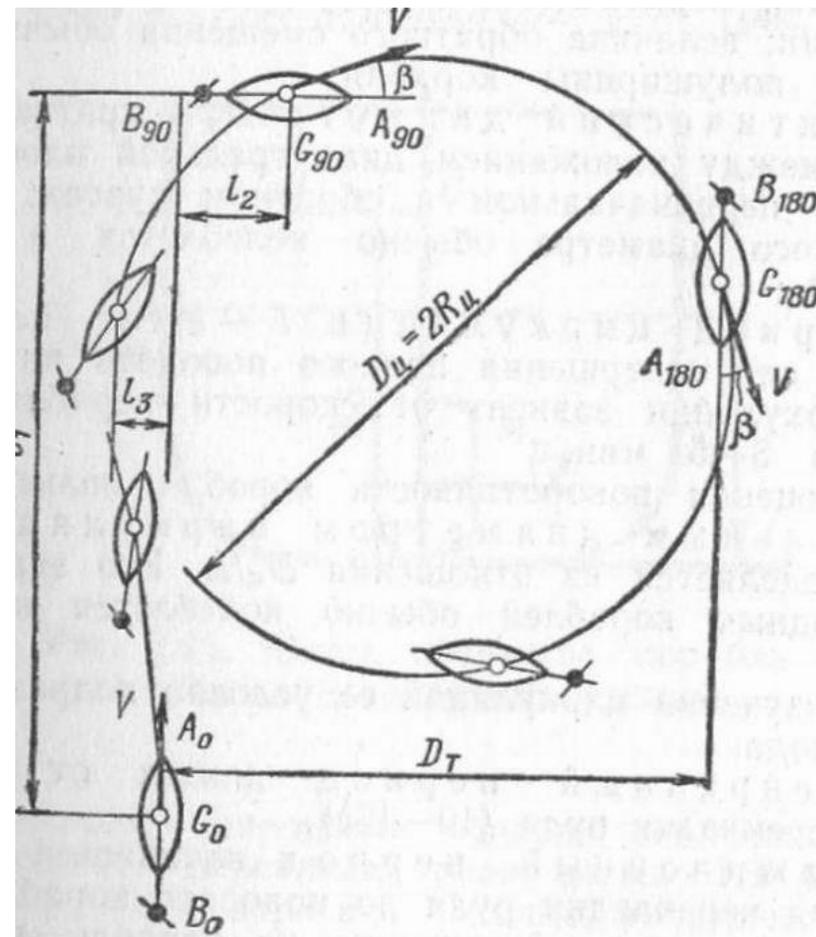
При выводе руля из ДП на некоторый угол корабль начнет совершать криволинейное движение по незамкнутой кривой спирального типа. Траектория, описываемая центром тяжести корабля (ЦТ), в этом случае называется циркуляцией

**Для оценки поворотливости корабля пользуются относительным диаметром циркуляции,**

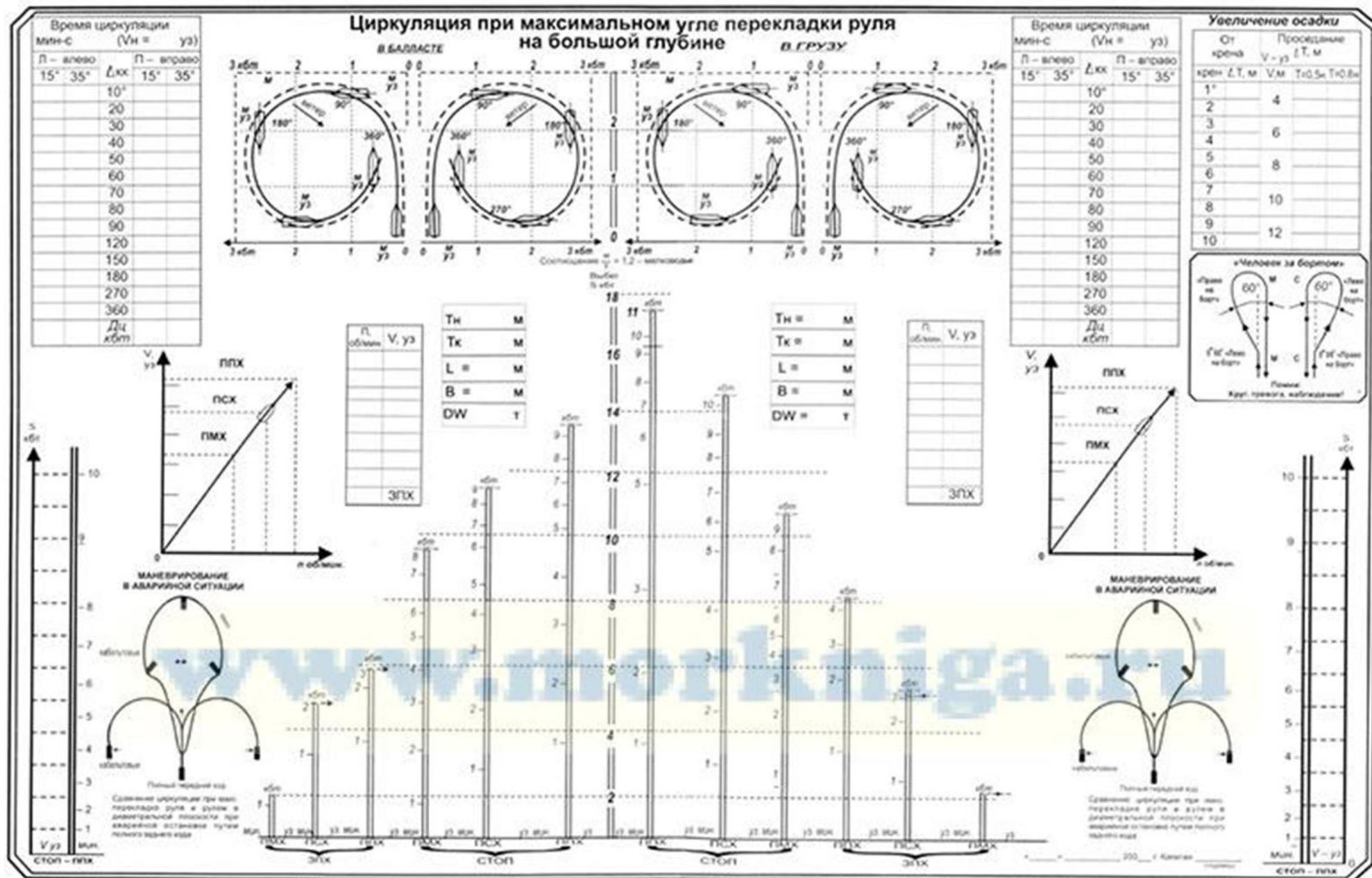
**Крен корабля на циркуляции.** Перекладка руля на корабле, следующем прямолинейным курсом, приводит к искривлению траектории движения в сторону, обратную перекладке руля. В результате возникает центробежная сила, момент которой вызывает небольшой крен на тот борт, куда был переложен руль.

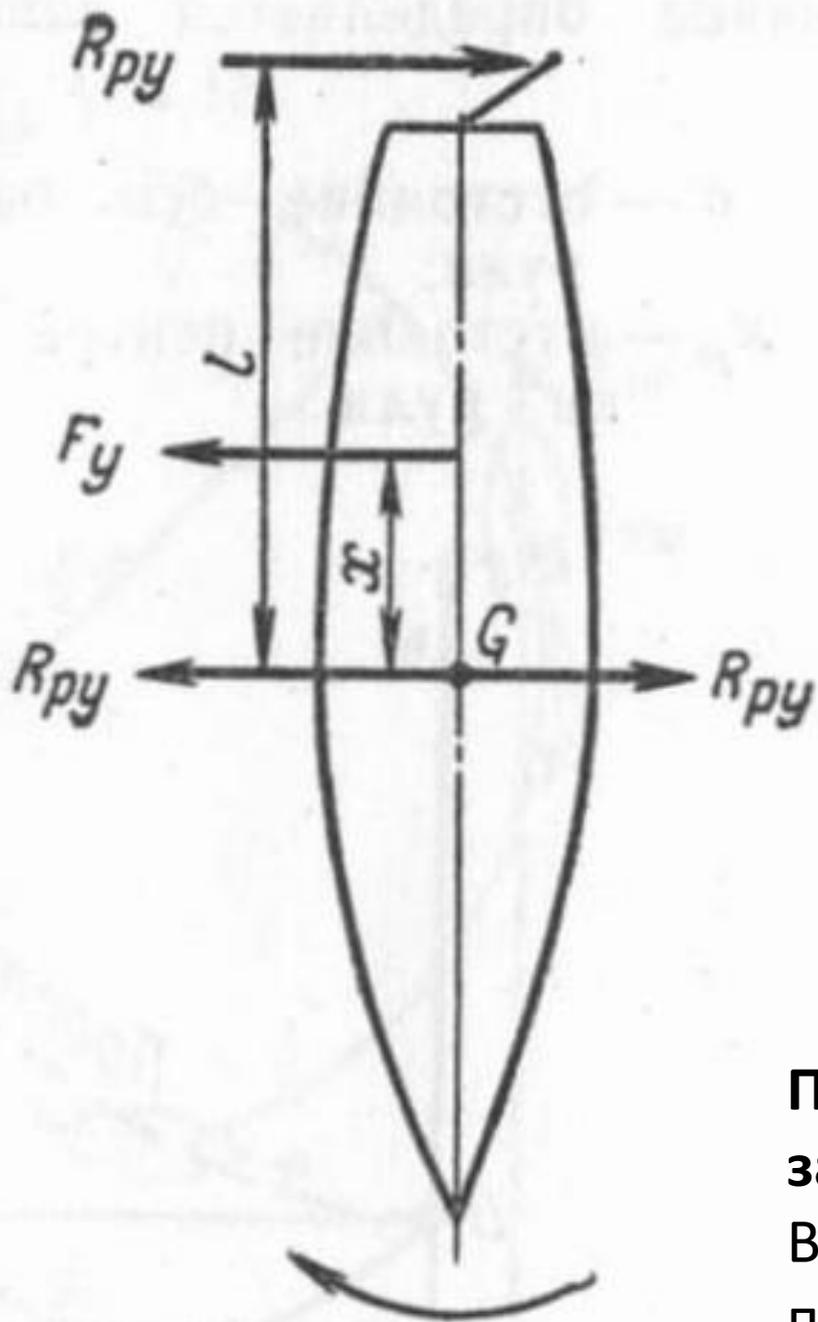
Этот крен обуславливается также моментом боковой силы, действующей на руль.

**Центр вращения** всегда лежит в носовой оконечности. Отсюда следует важный практический вывод, что **управление кораблем на поворотах осуществляется перемещением его кормы.** Это необходимо постоянно учитывать при швартовке корабля, проходе узкостей и навигационных опасностей



# ТАБЛИЦА МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА





### Действие руля на заднем ходу (рис.).

На заднем ходу перекладка руля также вызывает появление силы  $R_{py}$  действие момента  $R_{py}l$  и возникновение дрейфа судна.

Появление дрейфа также сопровождается возникновением силы  $F_y$  и действием момента  $F_yx$ .

**Однако действие  $F_yx$  противоположно по направлению действию  $R_{py}l$ .**

Таким образом, разворот судна на заднем ходу будет происходить под действием разности моментов:

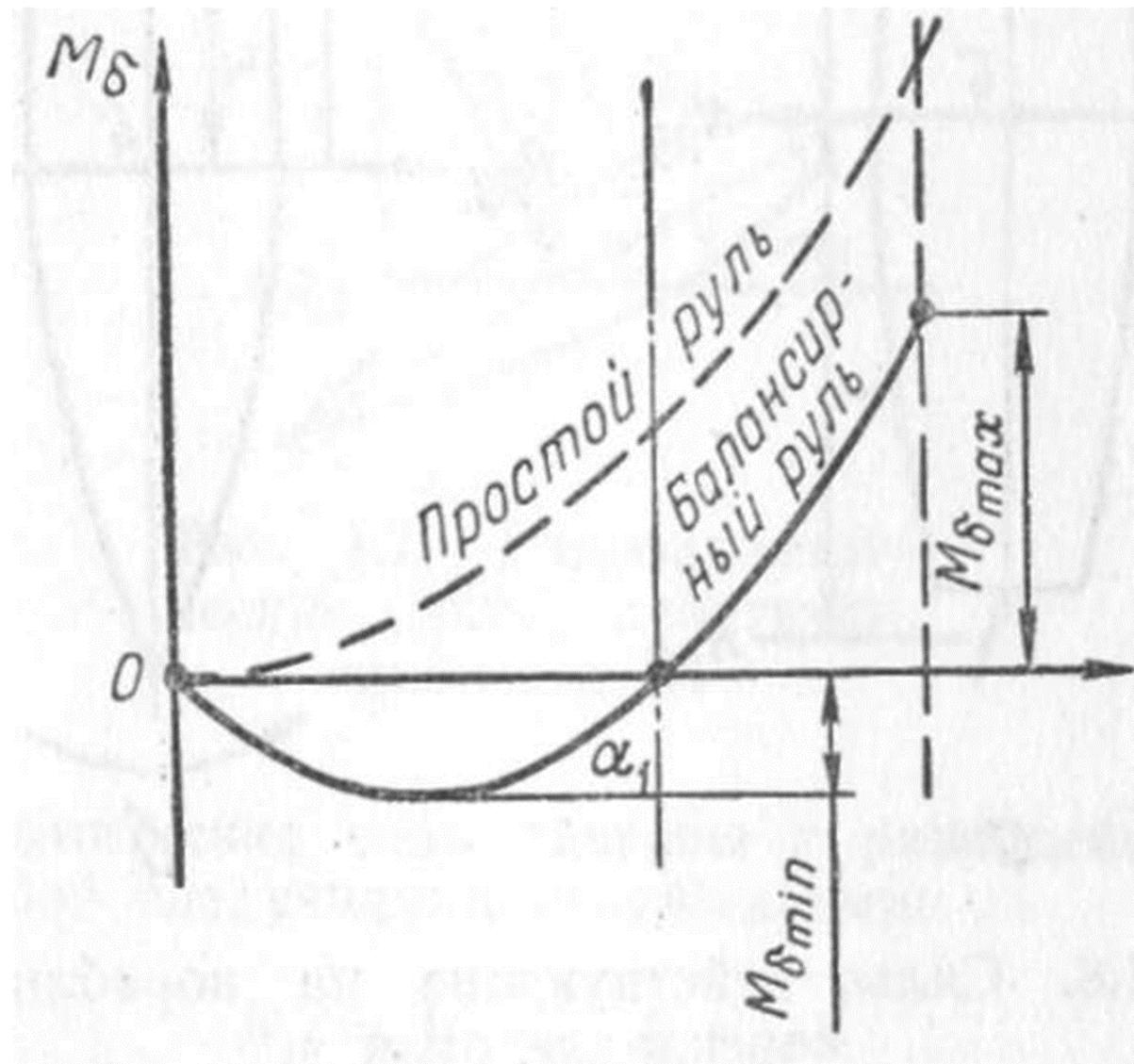
$$M = R_{py}l - F_yx.$$

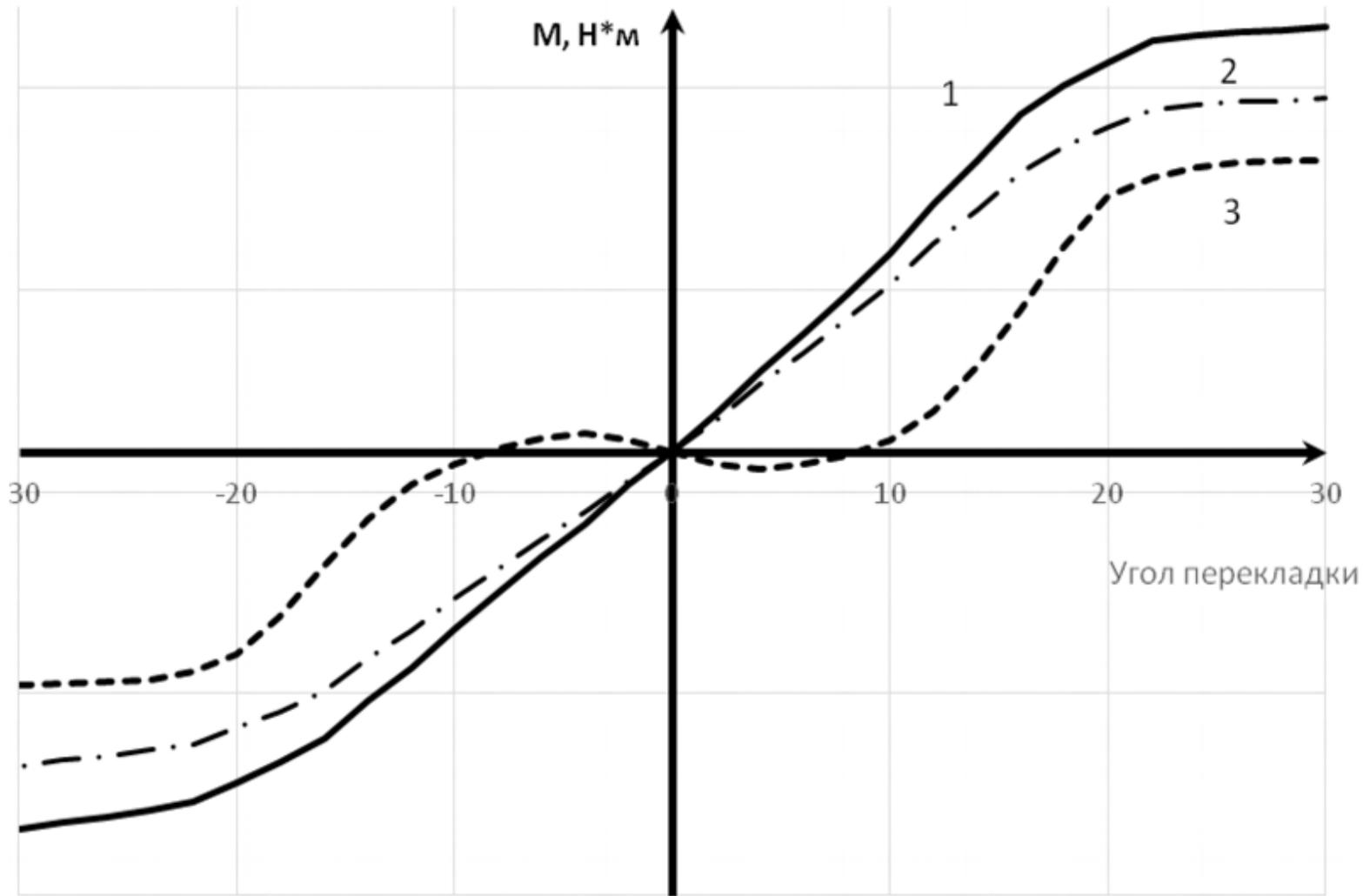
**Поэтому управляемость судном под действием руля на заднем ходу значительно хуже, чем на переднем.**

Выход из установившейся циркуляции заднего хода с помощью одного руля практически невозможен.

У балансирующего руля (рис.) при малых углах перекадки центр давления располагается впереди, а при больших — позади оси баллера.

У простого руля по мере увеличения угла перекадки центр давления все время удаляется от оси вращения. Это приводит к постоянному возрастанию гидродинамического момента на баллере. При этом для перекадки руля нужна рулевая машина большой мощности.





Перекладка руля на углы больше  $35^\circ$  невыгодна, так как с увеличением угла перекладки руля возрастает лобовое сопротивление.

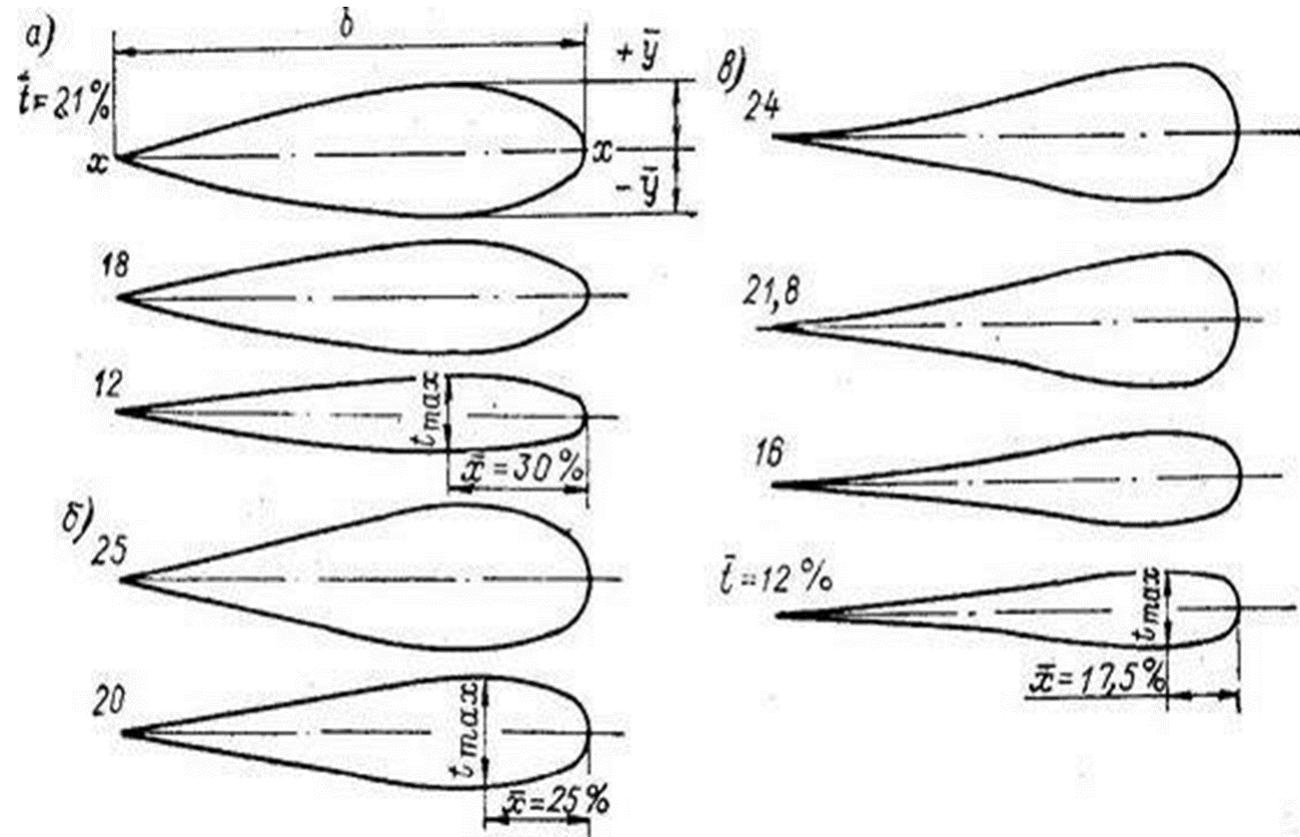
Рис. 1.5 Характеристики момента на баллере руля: 1) некомпенсированный (простой) руль; 2) компенсированный (балансирный и полубалансирный) руль; 3) перекомпенсированный. На рис. 1.5 представлен примерный вид характеристики момента на баллере руля от угла перекладки в зависимости от типа руля и степени компенсации. Балансирная часть позволяет значительно уменьшить момент, а значит и нагрузку

На современных судах чаще всего используют профили поперечного сечения пера руля:

- профиль ЦАГИ (Центральный аэрогидродинамический институт им.Жуковского);
- теоретический профиль НЕЖ (Н.Е.Жуковского);
- профиль NASA (Управление по авиации и космосу США);
- профиль Gö (Геттингенская лаборатория)

Перечисленные профили отличаются характером распределения толщины профиля вдоль его хорды.

Профили типа НЕЖ применяют для рулей быстроходных судов, профили типа НАСА — для рулей, расположенных за гребными винтами судов, имеющих умеренную скорость, профили типа ЦАГИ — при двухвальном устройстве с одним рулем, расположенным в диаметральной плоскости.



Профили рулей: а — NASA; б — НЕЖ; в - ЦАГИ

## Рулевые машины. Классификация рулевых машин

Механические

Электромеханические

Гидравлические

Основной классификационный признак – тип рулевого привода. В качестве гидравлических двигателей используются силовые поршневые или плунжерные гидроцилиндры или лопастные гидроцилиндры неполноповоротного действия

Современные суда используют гидравлические рулевые машины.

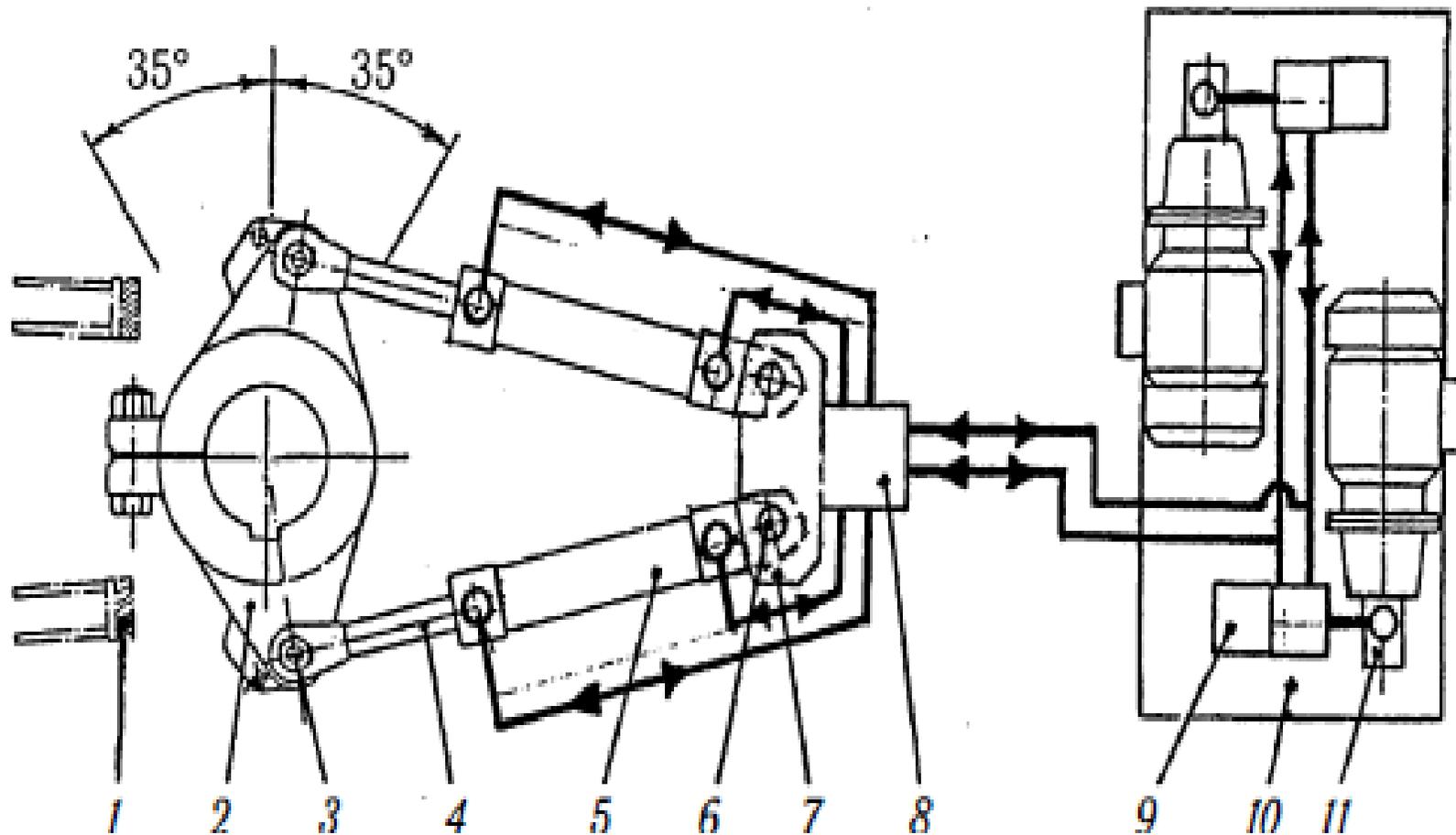
В состав гидравлической рулевой машины входят: гидравлический двигатель (рулевой привод), один или два главных насоса и вспомогательные насосы, масляные трубопроводы, гидроаппаратура и вспомогательные устройства.

В составе гидравлической рулевой машины независимо от типа используются регулируемые и нерегулируемые главные насосы.

В первом случае получают более высокий КПД, во втором – выше быстродействие и точность отработки заданного угла.







Компоновка поршневой ГРМ:

- 1 - механический упор,
- 2 - румпель,
- 3 - сферический подшипник,
- 4 - шток,
- 5 - цилиндр,
- 6 - подшипник,
- 7 - фундаментная опора,
- 8 - блок клапанов,
- 9 - фильтр,
- 10 - бак рабочей жидкости,
- 11 - насос

Достоинством поршневых ГРМ является их компактность. Они могут размещаться в малых помещениях, поэтому широко применяются на речных, военных судах, а также на морских судах малого и среднего водоизмещения.

Конструктивные особенности этих машин обуславливают наряду с достоинствами также их эксплуатационные недостатки. В частности, сферический подшипник 3 работает в тяжелых условиях. Он обеспечивает относительное вращательное движение румпеля 2 со штоком 4 и вертикальные перемещения румпеля (баллера) при волнении моря. Поэтому подшипник 3 интенсивно изнашивается.

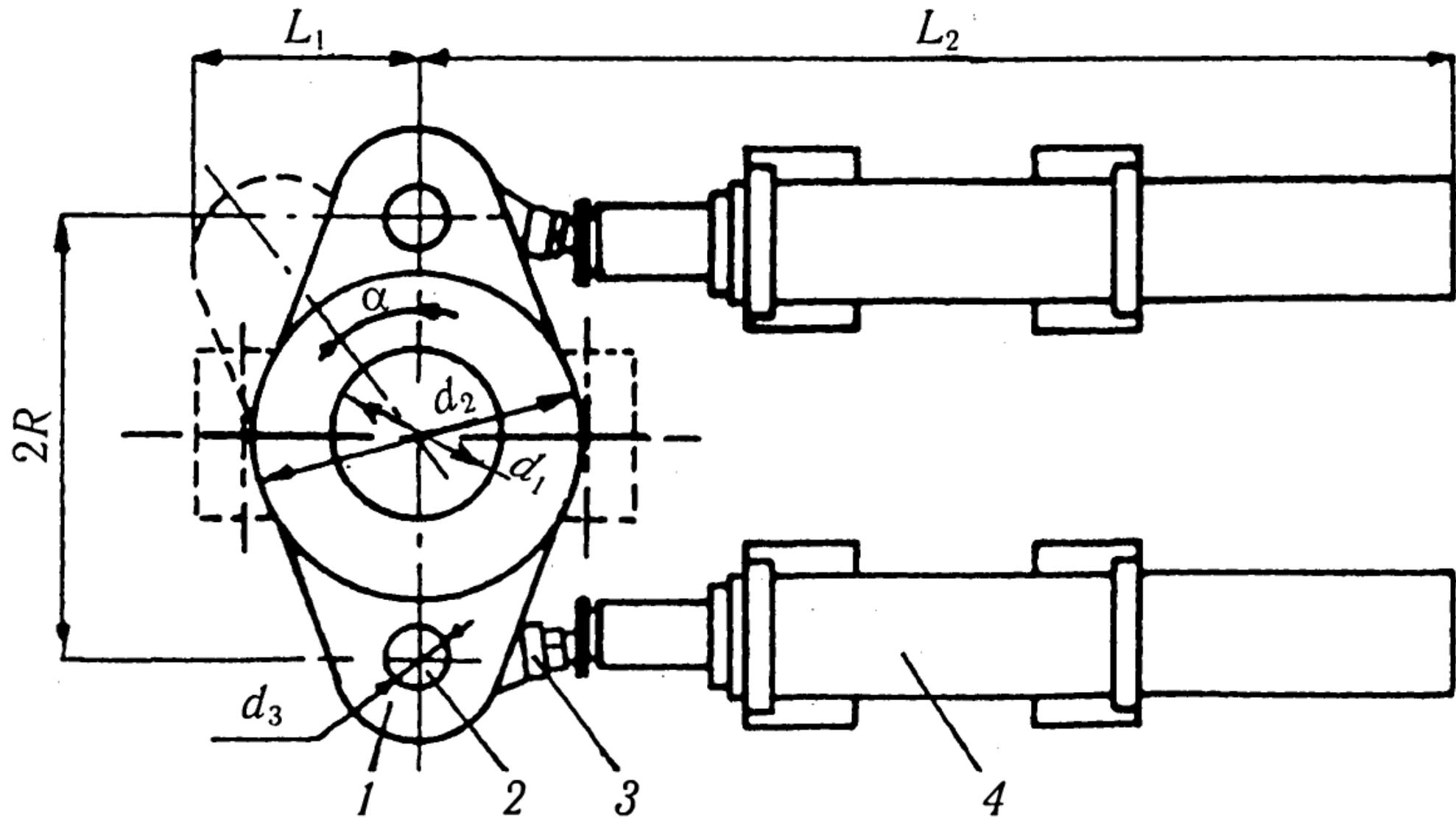
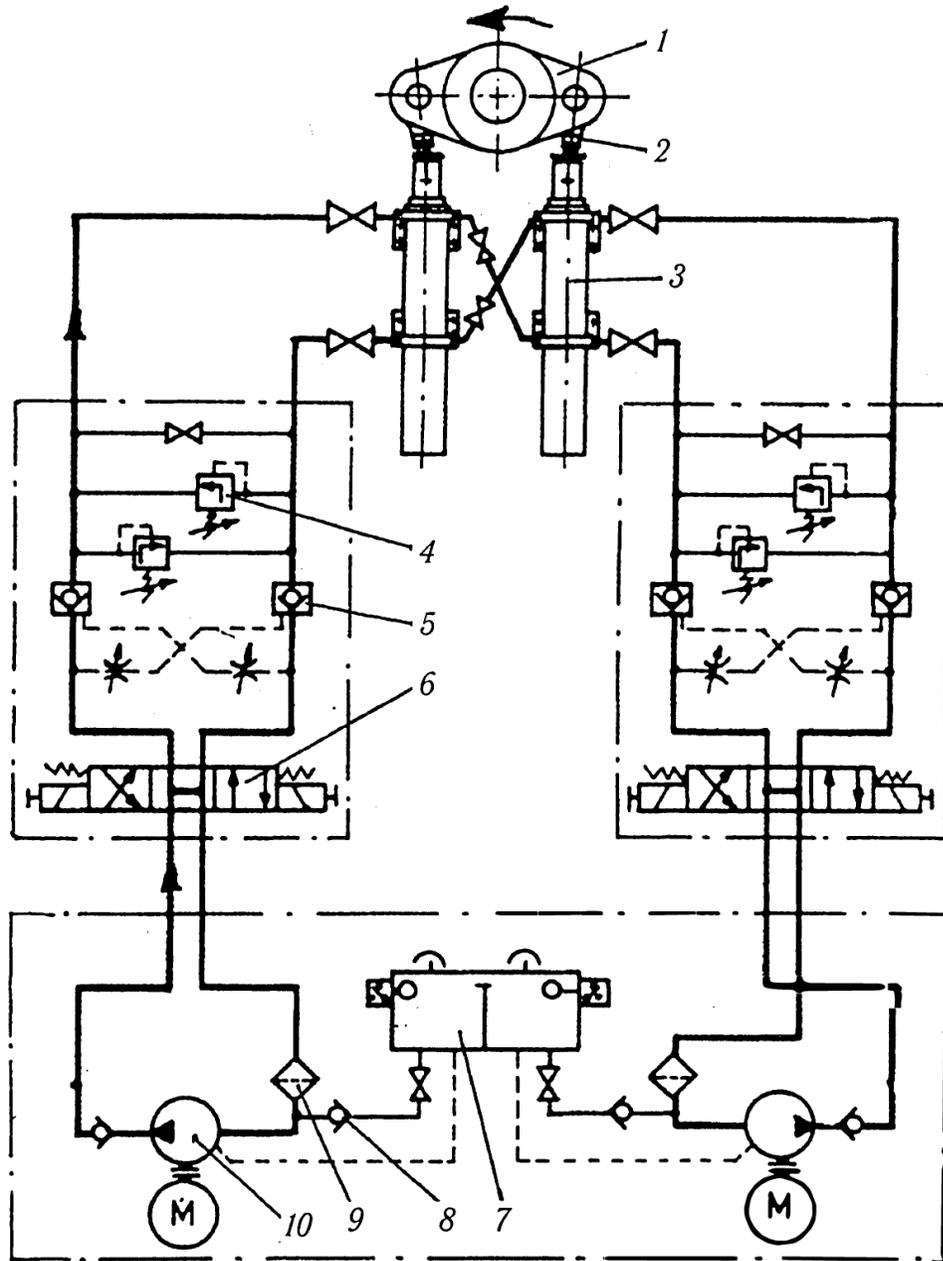


Рис. 5.28. Компоновка поршневого рулевого привода (второй вариант):  
 1 — румпель, 2 — подшипник, 3 — шток, 4 — цилиндр

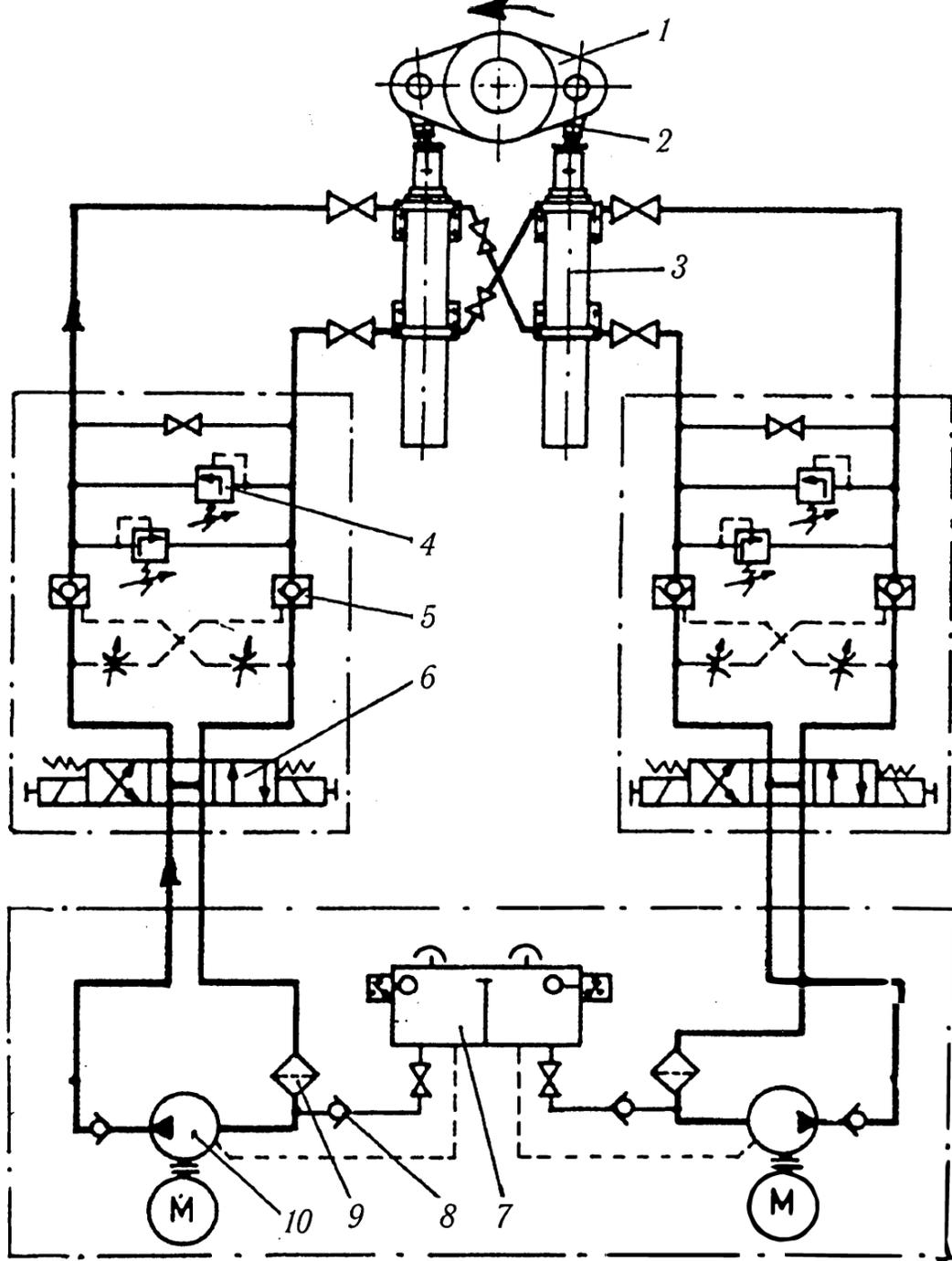
# Гидравлическая система поршневой ГРМ (фирма Stork Matitime, Нидерланды)



Позиции означают следующие узлы:

- 1- румпель,
- 2 - шток,
- 3 - цилиндр,
- 4 - предохранительный клапан,
- 5 - невозвратный клапан,
- 6 - золотник с электроуправлением,
- 7 - бак рабочей жидкости,
- 8 - невозвратный клапан,
- 9 - фильтр,
- 10 - насос постоянной подачи.

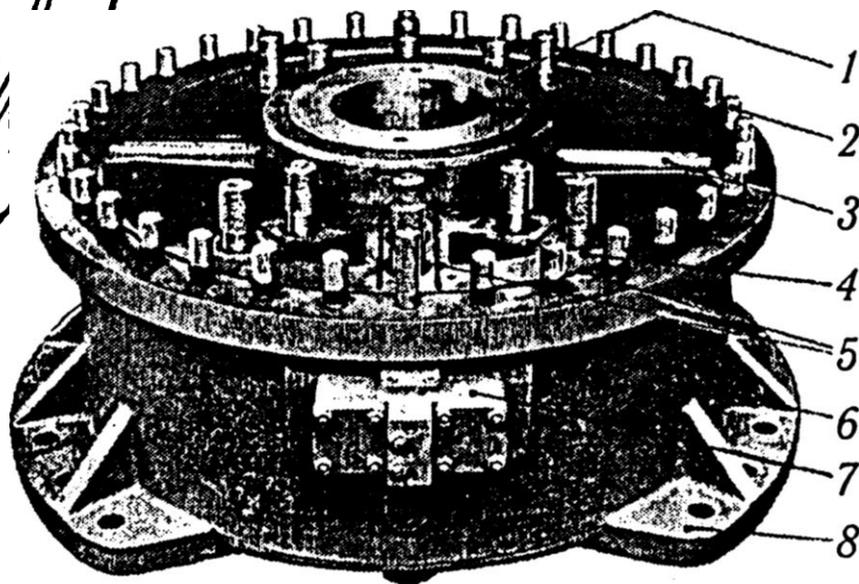
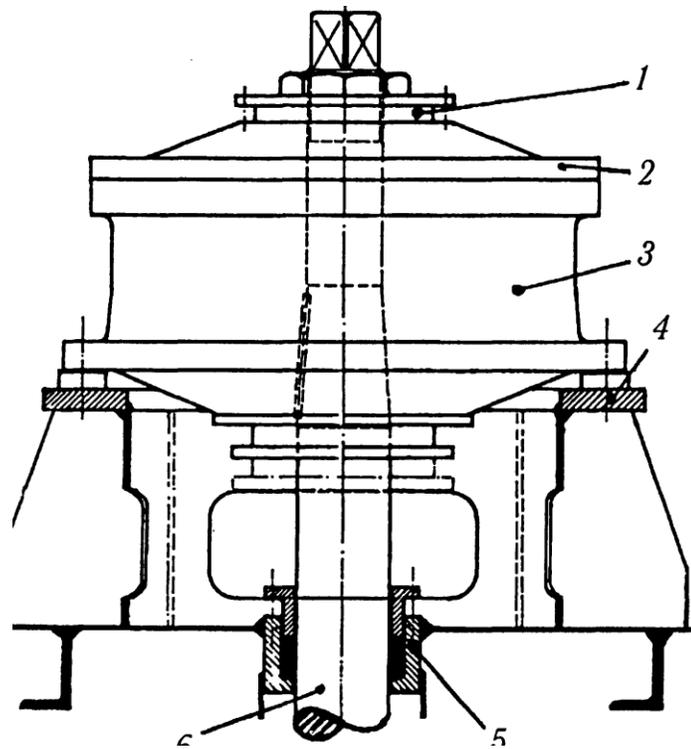
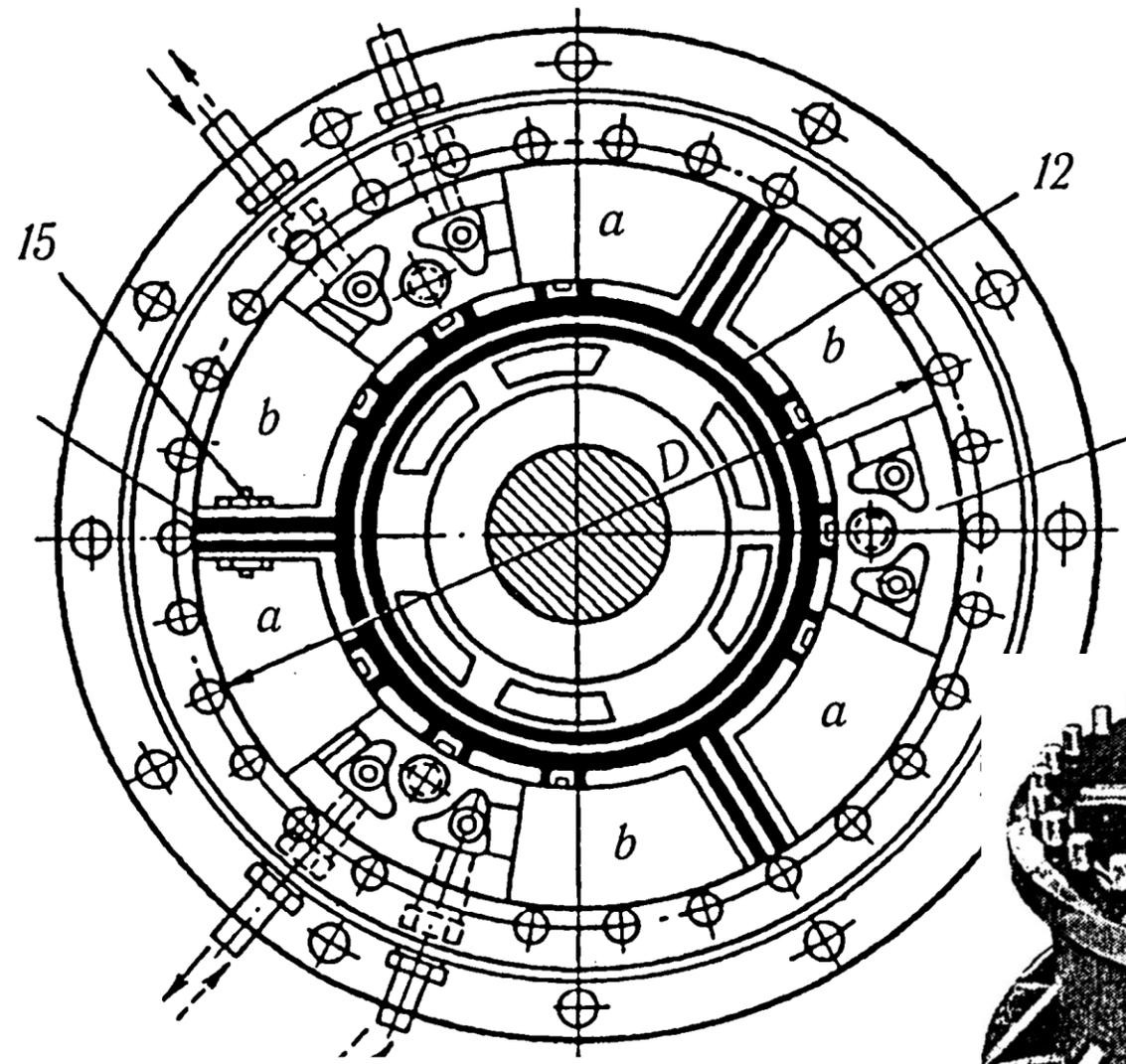
Гидравлическая система является сравнительно простой. В данном случае применяются насосы постоянной подачи, но могут быть и регулируемые.



## Лопастные ГРМ

Рулевые машины этого типа наиболее современные. Их серийное производство начато в 1960-х гг., и в настоящее время их устанавливают на многих судах благодаря ряду существенных достоинств. Они компактны, занимают меньшую (сравнительно с плунжерными ГРМ) площадь, имеют меньшую массу, высокий (близкий к единице) механический КПД и наиболее высокий общий КПД. Эти машины экономичны и надежны в эксплуатации, их приводы статически уравновешены, соединяются непосредственно с баллером руля и передают на баллер «чистый» ( без изгибающих усилий) крутящий момент (за исключением однолопастных приводов). Лопастные ГРМ не лишены недостатков: объемный КПД их приводов падает с ростом рабочего давления и существенно зависит от температуры рабочей жидкости и деформаций элементов привода.

# Рулевой лопастный привод фирмы FRYDENBO



1 - сальниковая  
 втулка,  
 2 - крышка,  
 3 - корпус (цилиндр),  
 4 - фундамент,  
 5 - сальник,  
 6 - баллер  
 Лопастный привод  
 имеет обычно три  
 лопасти, однако  
 машина  
 HS 1120 выполнена  
 четырехлопастной.  
 Это позволило  
 увеличить  
 крутящий момент, а  
 также применить  
 двухконтурную  
 гидросистему  
 согласно требованиям  
 ИМО.

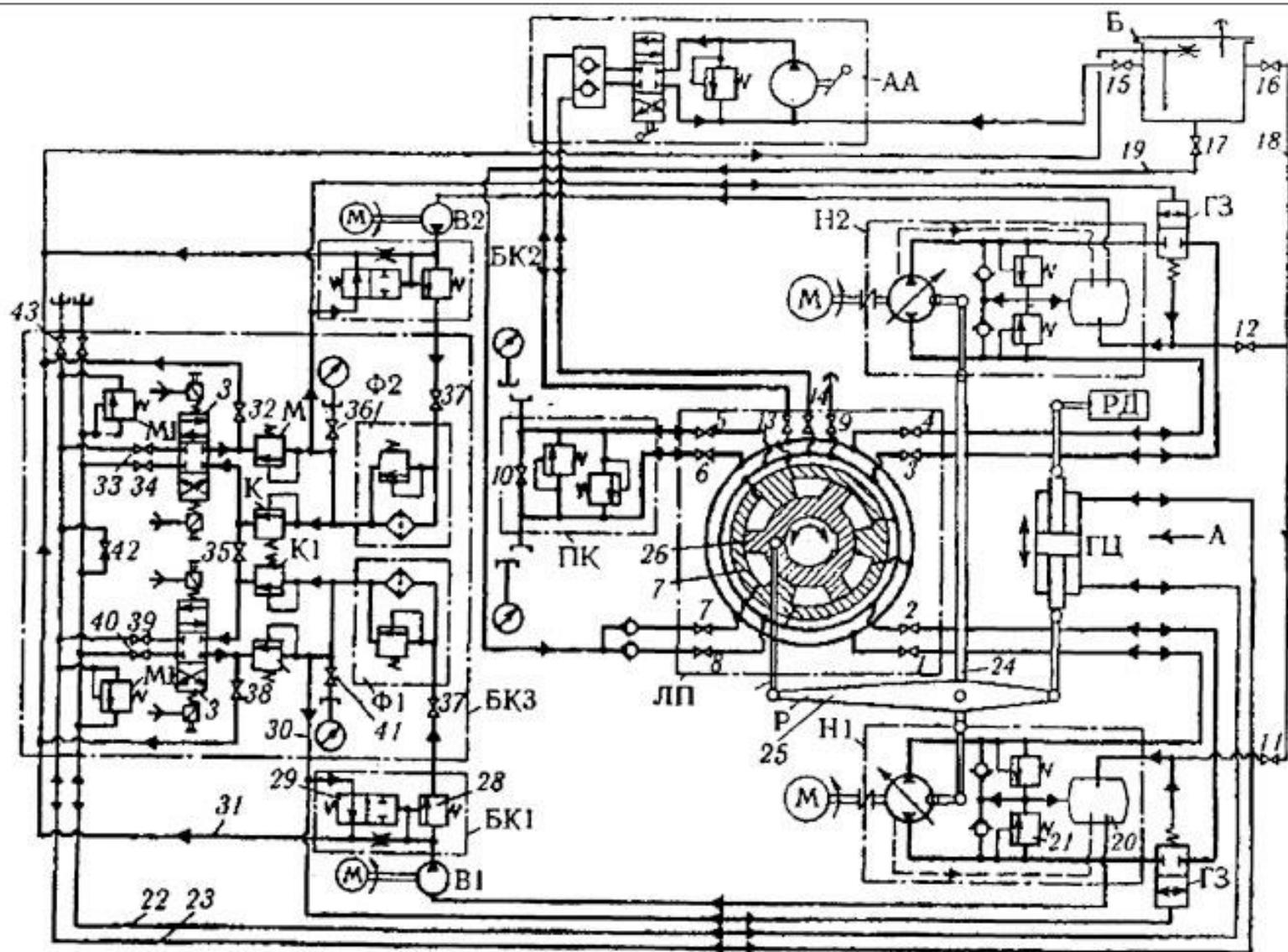


Рис. 12.2. Принципиальная гидравлическая система лопастной ГРМ типа «АЕG Schiffbau» (Германия).

## **Требования РМРС к рулевым машинам.**

Морское судно должно иметь главный и вспомогательный рулевой приводы. Судно должно иметь два поста управления действием рулевой машины – местный пост и пост дистанционного управления.

Главный рулевой привод должен обеспечивать поворот **полностью погруженного руля на полном ходу судна (переднем)** из диаметральной плоскости на угол  $35^\circ$  правого и левого борта.

При тех же условиях гидравлический рулевой привод должен обеспечивать перекадку руля **с борта  $35^\circ$  на борт  $30^\circ$  за время 28 сек.**

Вспомогательный рулевой привод должен обеспечивать перекадку руля с борта  $15^\circ$  на борт  $15^\circ$  за время 60 сек. при скорости судна 0,5 полного переднего хода, но не менее 7 узлов.

**Главный рулевой привод может состоять из двух и более идентичных насосов. В этом случае вспомогательный рулевой привод не требуется.** Время перекадки (28 с) должно обеспечиваться на грузовых судах при совместном действии насосов.

*Если* румпельное отделение частично или полностью располагается ниже ватерлинии, судно должно оборудоваться **аварийным рулевым** двигателем с ручным или электрическим приводом или электронасосным агрегатом.

Аварийный двигатель должен обеспечивать перекадку руля с борта на борт при скорости судна не менее 4-х узлов.

3. Переход с главного рулевого привода на вспомогательный при аварии должен выполняться за время не более 2 мин. (не более 10 с = река)!

4. Управление главным рулевым приводом должно обеспечиваться с ходового мостика и из румпельного отделения. Предусматриваются две отдельные линии управлений, получающие питание непосредственно от ГРЩ, но одна из них может запитываться через АРЩ.

5. В рулевой рубке и ЦПУ должна быть световая и звуковая сигнализация: об исчезновении напряжения, обрыве фазы и перегрузке в цепи питания, исчезновении напряжения в системе управления и минимальном уровне масла в расходном баке.

6. Около каждого поста управления, а также в румпельном помещении должны быть указатели положения руля. Ошибка в показаниях не должна быть более:  $1^\circ$  в ДП;  $1,5^\circ$  в интервале от 0 до  $\pm 5^\circ$ ;  $2,5^\circ$  в интервале от  $\pm 5$  до  $\pm 35^\circ$ .

8. Главный и вспомогательный рулевые приводы должны иметь защиту от перегрузки деталей и узлов при возникновении на баллере момента, превышающего в 1,5 раза расчетный крутящий момент. Предохранительные клапаны должны быть отрегулированы на давление не более 1,5 и не менее 1,25 номинального.

9. Насосы ГРМ должны иметь защитные устройства против вращения отключенного насоса в обратном направлении или автоматически срабатывающее устройство, запирающее поток жидкости через отключенный насос.

В Правилах классификации и постройки судов Речного и Морского Регистров изложены требования к судовым рулевым приводам. Основное содержание их следующее.

1. Рулевое устройство судна должно иметь два привода — основной и запасной. Время перехода с основного привода на запасной должно быть не более 10 с (река) или 2 мин (море).

2. Запасного привода может не быть: на малых судах, у которых основной привод — ручной румпельный; на судах с несколькими независимыми друг от друга рулевыми средствами; на судах, имеющих привод из двух независимых агрегатов, каждый из которых может обеспечивать перекладку рулей (насадок) в аварийном режиме.

Электрический и электрогидравлический привод рулевого устройства должен обеспечивать:

- а. перекладку руля (поворотной насадки) с  $35^\circ$  одного борта на  $30^\circ$

другого борта за время 28 с при действии расчетного момента рулевого привода на руль;

- б. непрерывную перекладку руля с борта на борт в течение 30 мин для каждого агрегата при полностью погруженном руле и максимальной скорости переднего хода, соответствующей этой осадке;

- в. непрерывную работу в течение 1 ч при наибольшей эксплуатационной скорости переднего хода и при перекладке руля на угол, обеспечивающий 350 переключений в час;

- г. возможность стоянки электрического двигателя под током в течение 1 мин с нагретого состояния (только для рулей с непосредственным электрическим приводом);

- д. надлежащую прочность электрического привода при усилиях, возникающих при максимальной скорости заднего хода судна;

- е. мощность вспомогательных рулевых приводов должна обеспечивать перекладку пера руля (поворотной насадки) с  $15^\circ$  одного на  $15^\circ$  другого борта за время не более 60 с.

- ж. двигатели рулевых приводов должны допускать перегрузку по моменту не менее 1,5 момента, соответствующего расчетному, в течение одной минуты.

**Рулевое устройство** должно иметь ограничители, допускающие перекладку руля не более чем на  $36,5^\circ$  на каждый борт. Так как перекладка руля на угол больше  $35^\circ$  практически не улучшает поворотливость судна, система управления рулевым приводом должна прекращать дальнейшую перекладку руля при отклонении его от ДП судна на угол  $35^\circ$ .

**Запасной привод** должен быть в постоянной готовности к действию, хорошо расхоженным и смазанным. Переход с основного привода на запасной не должен превышать 2 мин, а на аварийный - 5 мин.

**Уход за рулевым устройством** – одна из важнейших задач судового экипажа. Не реже 1 раза в неделю должен производиться тщательный осмотр устройства с опробованием в действии и устранением обнаруженных неисправностей.

При подготовке судна к выходу в море рулевое устройство в целом должно быть осмотрено и испытано путем пробной перекладки руля. При этом должны быть проверены: точность показаний всех аксиометров; легкость перекладки руля на оба борта; время перекладки руля с борта на борт основным и запасным приводами; исправность системы управления, прекращающей перекладку руля на угол более  $35^\circ$ .

Уход за механической и электрической частями рулевого устройства осуществляется в соответствии с Правилами технической эксплуатации судовых вспомогательных механизмов и оборудования.

В случае навала кормой, касания грунта, ударов льдин о перо руля и т. д., а также если наблюдалась ненормальная работа руля на переходе, должен быть произведен осмотр руля со шлюпки старшим механиком и старшим помощником капитана и водолазный осмотр.

При осмотре проверяется состояние штырей и петель руля и рудерпоста, фланца, соединяющего рудерпис с баллером, состояние пера руля, исправность баллера и величина зазоров между петлями рудерписа и рудерпоста на предмет определения проседания руля.

При ежегодном возобновлении судну документов на право плавания рулевое устройство в целом предъявляется инспектору Регистра для освидетельствования и проверки его в действии.

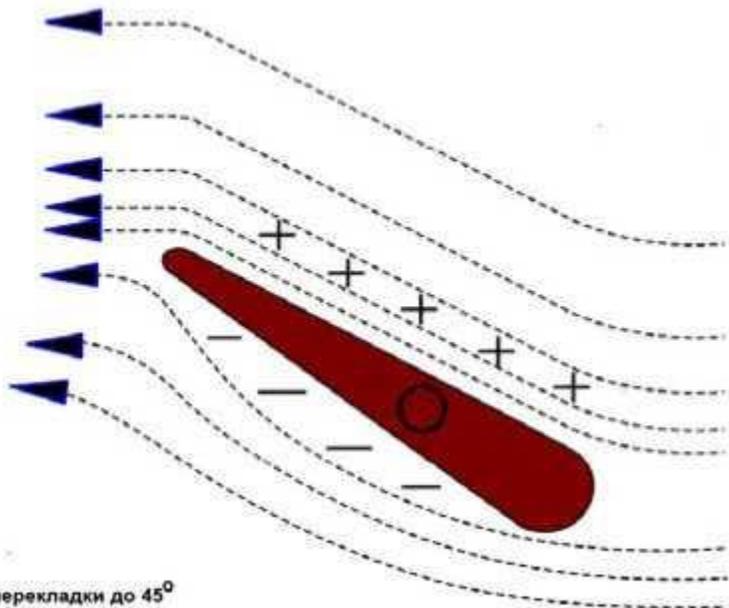
## **При проверке в действии электропривода рулевого устройства проверяется:**

- перекладка руля с борта на борт; при этом определяется время перекладки руля, отсутствие перегрева подшипников, искрения и вибраций. Перекладка производится со всех постов управления и всеми видами управления (простой и следящий);
- непрерывность действия рулевого устройства, а при наличии электроприводов руля, установленных в двойном комплекте, и при их одновременной работе с последующим поочередным переключением отдельных элементов электроприводов (систем питания, насосов регулируемой или постоянной подачи, электромашинных усилителей, преобразователей и др.) их работа при всех сочетаниях элементов;
- соответствие показаний всех указателей положения руля со шкалой рулевого привода;
- срабатывание конечных выключателей;
- работа сигнализации о перегрузке и снятии питания.

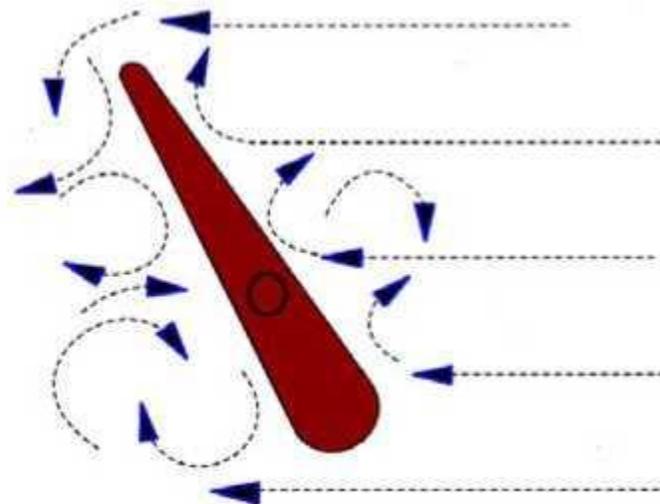
При проверке в действии продолжительность работы, необходимая для установления исправности, определяется инспектором.

На рисунке – золотник и рычаги его ручного управления





a) угол перекладки до  $45^\circ$

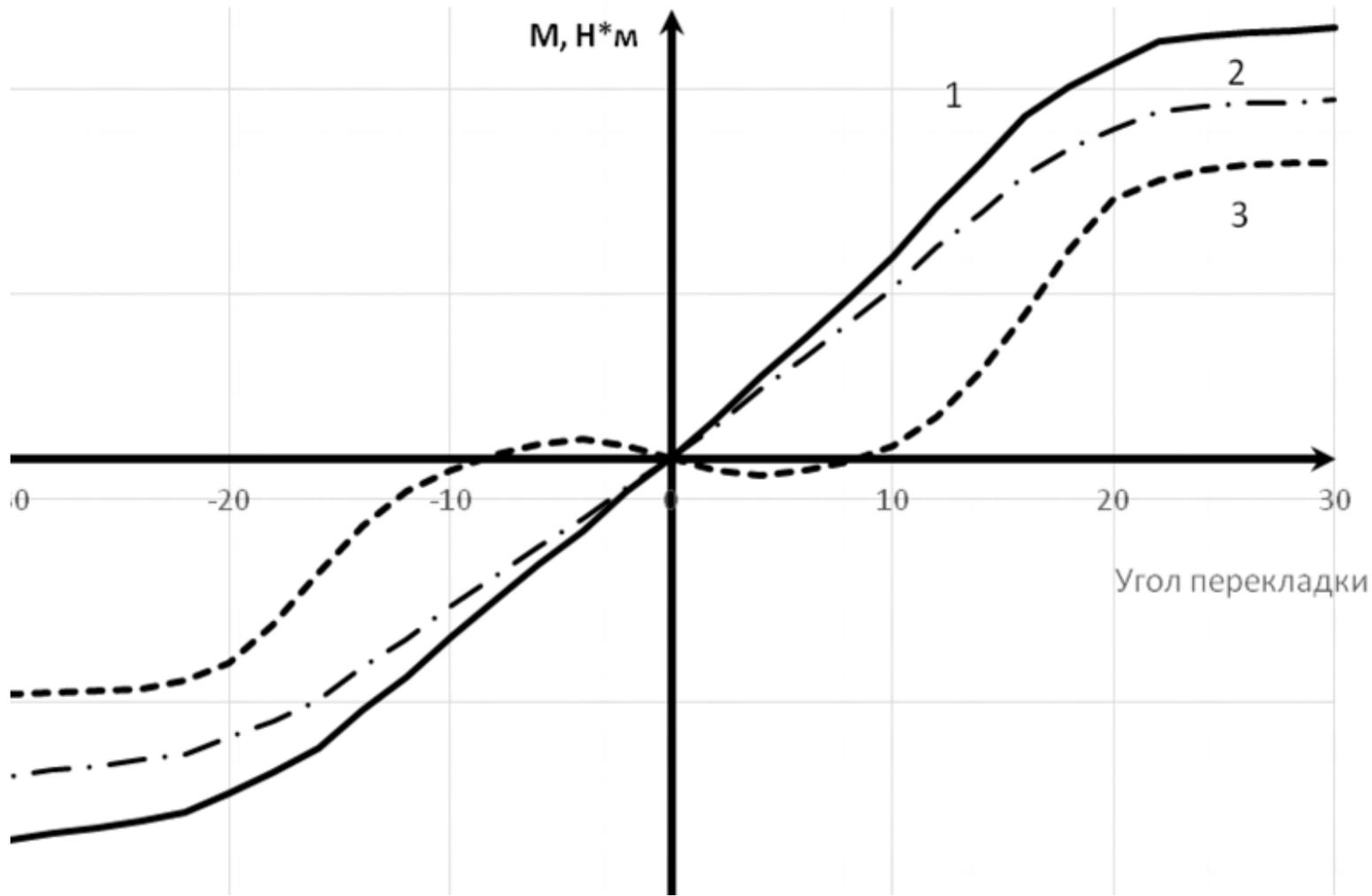


b) угол перекладки более  $45^\circ$

Перекладка руля на углы больше  $35^\circ$  невыгодна, так как с увеличением угла перекладки руля возрастает лобовое сопротивление.

Момент сопротивления, действующий на баллере руля, прямо пропорционален площади руля и квадрату скорости движения судна и зависит от угла перекладки  $\alpha$ , т. е. угла поворота плоскости пера руля относительно диаметральной плоскости судна.

Чем значительнее угол перекладки, тем больше сила давления воды и момент сопротивления на баллере. Максимального значения момент сопротивления достигает при угле перекладки  $\alpha_{\text{макс}}$ , который, в свою очередь, зависит от профиля пера руля судов внутреннего плавания. Угол перекладки для пластинчатых рулей принимается равным  $45^\circ$  и для обтекаемых  $35^\circ$ .



Перекладка руля на углы больше  $35^\circ$  невыгодна, так как с увеличением угла перекладки руля возрастает лобовое сопротивление

Из курсового:



Характеристики момента на баллере руля: 1) некомпенсированный (простой) руль; 2) компенсированный (балансирный и полубалансирный) руль; 3) перекомпенсированный

На рис. представлен примерный вид характеристики момента на баллере руля от угла перекладки в зависимости от типа руля и степени компенсации.

Балансирная часть позволяет значительно уменьшить момент, а значит и нагрузку на электропривод, однако при

большой компенсации руль может стать перекомпенсированным и момент станет

## Требования Российского Речного Регистра к рулевым электроприводам.

Электрический привод рулевого устройства должен обеспечивать

1) переключку руля с борта на борт при осадке судна по грузовую ватерлинию на полном переднем ходу за время не более 30 с при максимальном угле отклонения пера руля от диаметральной плоскости судна, равном 35—45°;

2) непрерывную переключку руля с борта на борт в течение 30 мин для каждого агрегата при наибольшей эксплуатационной скорости переднего хода и осадке судна по грузовую ватерлинию;

3) возможность стоянки исполнительного электродвигателя под током в течение 1 мин с нагретого состояния (только для рулей с электрическим приводом);

4) непрерывную работу в течение одного часа при наибольшей эксплуатационной скорости переднего хода и при переключке руля на угол, обеспечивающий 350 переключек в час.

Начальный пусковой момент электродвигателя рулевого устройства должен быть не менее 200% номинального.

В схеме управления рулевого электропривода должны быть предусмотрены путевые выключатели, ограничивающие переключку руля на максимальный угол от диаметральной плоскости судна. При срабатывании одного из путевых выключателей должна обеспечиваться возможность переключки руля в обратном направлении.

*Размеры и конфигурация руля.* Увеличение площади руля, так же как и другие изменения формы руля, оказывает двойное влияние на поворотливость. Практические расчеты показывают, что увеличение площади руля ведет к уменьшению диаметра циркуляции при больших углах перекадки руля и к увеличению его при малых углах перекадки. *Размещение руля.* Размещение руля относительно винтов значительно влияет на поворотливость судна. Расположение руля в винтовой струе благодаря увеличению скорости его обтекания способствует росту эффективности руля и отражается на поворотливости судна так же, как увеличение площади руля. Влияние винтовой струи сказывается тем больше, чем большая площадь руля попадает в поток от винта. При перекадке руля более чем на 45° эффективность его действия на поворотливость судна резко уменьшается.

#### **Элементы посадки судна.**

*Дифферент.* Увеличение дифферента на корму улучшает устойчивость судна на курсе и ухудшает его поворотливость. С другой стороны, дифферент на нос резко ухудшает устойчивость на курсе — судно становится рыскливым, что усложняет маневрирование в стесненных условиях. Поэтому судно стараются загрузить так, чтобы оно в течение рейса имело небольшой дифферент на корму.

*Крен.* Крен судна нарушает симметричность обтекания корпуса. Площадь погруженной поверхности скулы накрененного борта становится больше соответствующей площади скулы приподнятого борта. В результате судно стремится уклониться в сторону, противоположную крену.

# Azipod

(Azimuth Pod – азимутальная гондола), которая включает в себя дизель-генератор, электромотор и винт. Электромотор, обеспечивающий вращение винта, расположен в специальной гондоле. Винт находится на горизонтальной оси, уменьшается количество механических передач – в результате достигается максимальный двигательный эффект. Винто-рулевая колонка имеет угол разворота до 360°, что значительно повышает управляемость судна.

## ***Достоинства Azipod:***

- уменьшается расход топлива на 10 – 20%;
- уменьшается вибрация корпуса судна;
- из-за того, что диаметр гребного винта меньше – эффект кавитации снижен;
- отсутствует эффект резонанса гребного винта.

Одновременно внедряется CRP (contra-rotating propeller) технология. В этом случае винты располагаются друг против друга и имеют противоположное направление вращения, чем достигается наибольший двигательный эффект.

Данная система используется на судах, обслуживающих регулярные линии, для которых очень важна скорость доставки груза или пассажиров.

# *Правила классификации и постройки морских судов VII*

## **7. СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ**

**7.1.1** Требования настоящего раздела распространяются на **винторулевые колонки с погружным поворотным гребным электродвигателем или с механической передачей мощности на гребной винт**, включая откидные и выдвигаемые винторулевые колонки, водометы, крыльчатые движители, движители в поперечном канале (подруливающие устройства) и другие устройства подобного назначения.

**7.1.2** В случае установки САУС, как главного движительно-рулевого устройства, их должно быть, как правило, не менее двух.

При установке на судне одного САУС в качестве главного движительно-рулевого устройства на рассмотрение Регистра должно быть представлено техническое обоснование.

Винторулевая колонка, осуществляющая реверс поворотом установки, должна обеспечивать приемлемое время реверсирования в зависимости от назначения судна. При этом время поворота колонки на  $180^\circ$  не должно быть более 20 с для установок с винтом диаметром до 2 м включительно и более 30 с \_ для установок с винтом диаметром свыше 2 м.

**7.2.11** Прочность деталей механизма поворота главных САУС, деталей корпуса и крепления составных частей, валов, зубчатых передач, деталей ВРШ должна быть рассчитана таким образом, чтобы они могли выдержать без повреждения нагрузку, вызывающую поломку лопасти гребного винта



Крупный план с  
видом на  
тоннельные  
подруливающие  
е винты  
поперечной  
тяги (целых 3  
штуки в ряд)  
в килевом  
гребне на  
корме судна

Крупный план с видом на тоннельные подруливающие винты поперечной тяги (2 штуки в ряд) в килевом гребне на корме судна.



Мегалайнер типа «Оазис» в доке. Подруливающие тоннельные винты в носовом бульбе установлены в количестве аж 4 штуки. Это позволяет осуществлять частые заходы в порты без потерь времени и денег на привлечение местных буксиров.

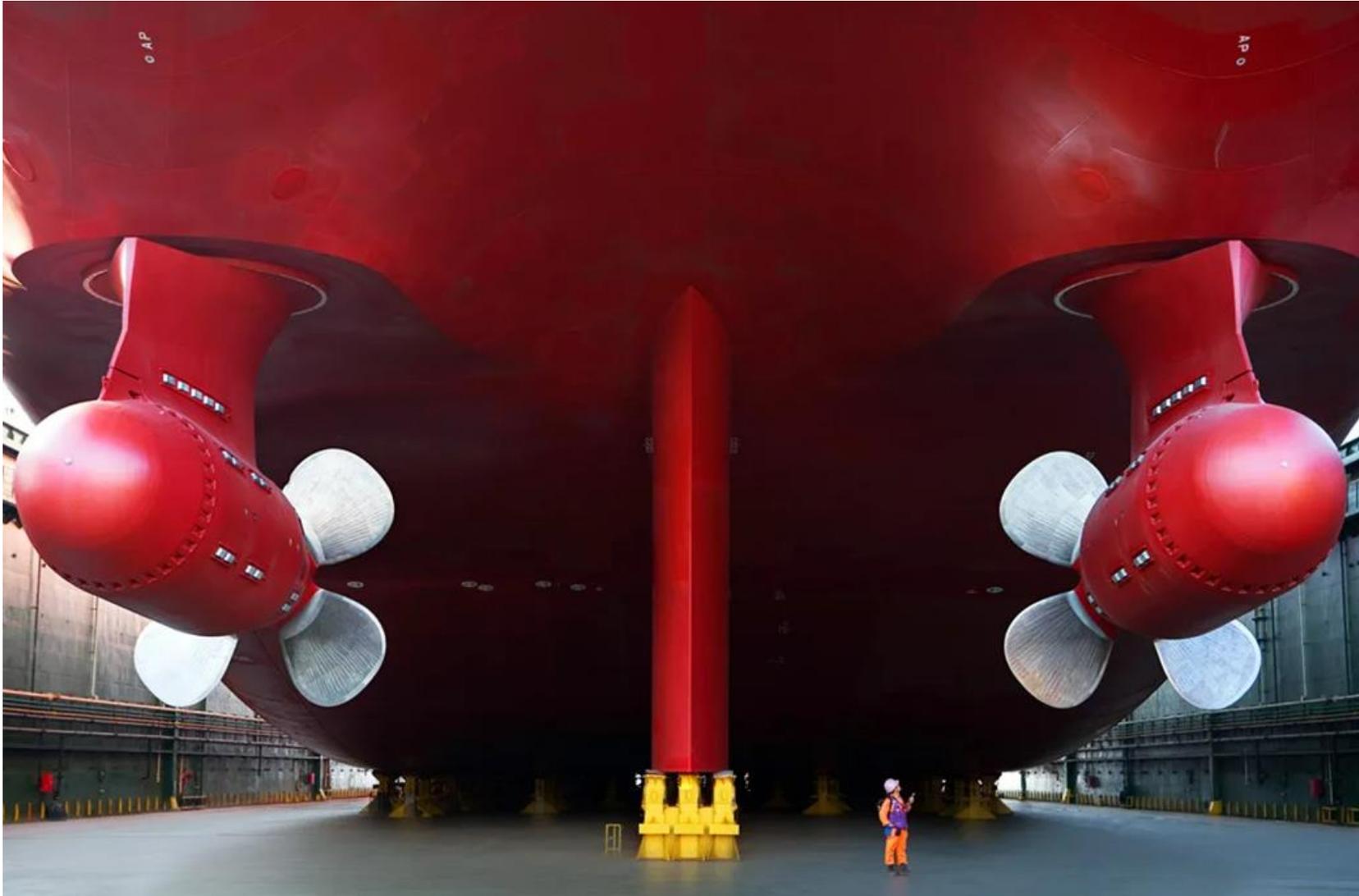




*Вид на корму лайнера типа «Оазис». В качестве главных винтов установлены три Азипода мощностью по 20 МВт каждый, которые способны разогнать лайнер до 22 узлов (40км/ч). Осадка мегалайнеров серии «Оазис» составляет всего 9 метров, при ширине корпуса 47 м по ватерлинии. Круизные лайнеры- это широкие плоскодонки, в сравнении с осадкой 15м у танкеров Афрамекс при ширине в 42 м.*



Установка двух-трёх независимо поворачивающихся азиподов сзади судна позволяет добиться сверхманевренности судна в порту, особенно при наличии поперечных винтов в носу судна.



*Для азиподов выгодным становится направление винтами вперёд, как на самолётах. Винты на валах назад – это было вынужденным компоновочным решением для ГЭУ с прямым приводом от ДВС на валы винтов.*

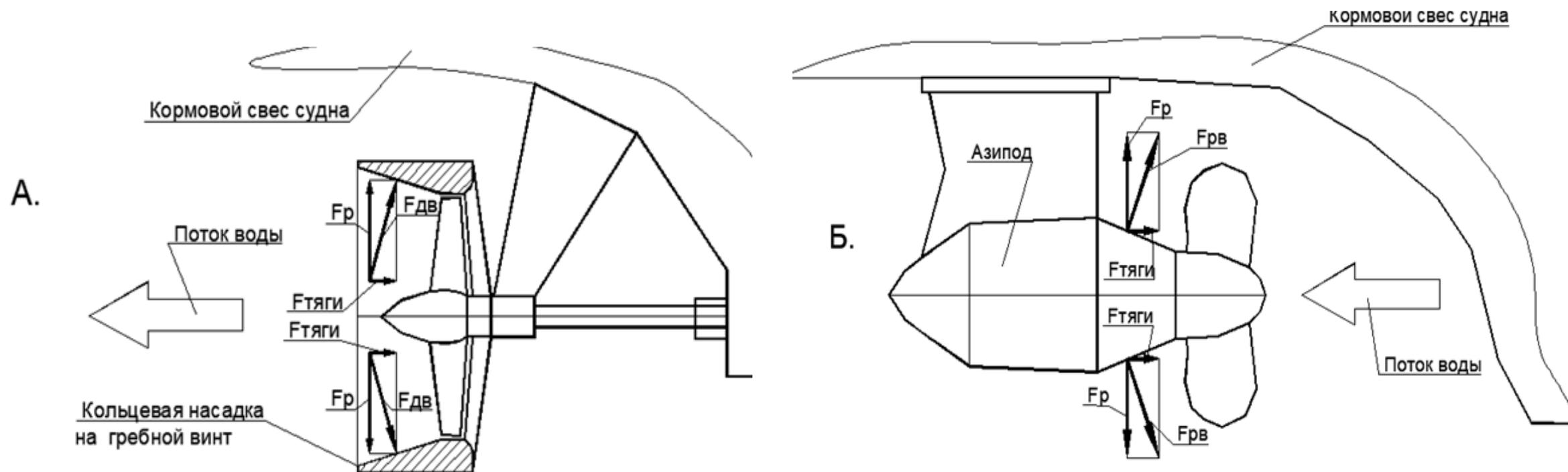


*Три аzipода с винтами меньшего диаметра уменьшают пустующий объём кормы над винтами и повышают надёжность ГЭУ в случае отказа одного аzipода, так как теряется только 33% тяги ( вместо потери 50% при отказе одного из двух аzipодов). Также изготавливать и эксплуатировать дешевле менее крупные агрегаты в больших количествах.*

## КПД винта Азипода

Интересно отметить, что *Азиподы имеют повышенный КПД (где-то до 8%), чем у такого же винта на прямом валу из корпуса.*

Эта прибавка к КПД получается от расширяющегося корпуса гондолы электродвигателя позади гребного винта. Так позади винта в зоне расширения веретёнообразного корпуса Азипода действует сильное разрежение от вихревого потока с гребного винта (по расчёту около 0,08атм). Это разрежение создаёт на конической поверхности дополнительную тягу вперёд, отбирая энергию от потерь КПД на закручивание потока гребным винтом. Подобный же эффект используют в кольцевых насадках на винт. Только в кольцевой насадке используют повышенное давление на периферии закрученного потока воды после схода его с гребного винта





Queen Mary 2 features four Mermaid pods built by Rolls Royce-owned Kamewa and Alstom Powers Motors. She is the first passenger ship to be driven by four pods. **The forward two pods are fixed in place** while the aft two are able to turn through 360degrees to steer and manoeuvre the ship.

1. На квин мери 2 стоят не азиподы, а винтовые колонки от Ролс-ройса и Алстом. Азиподы производят на АВВ!
1. Да и вообще Азипод - это торговое название АВВ...
1. Вот именно. И инновация позволившая придумать название и распиарить его вовсе не в винторулевой колонке, а в том что это "безредукторная система, в которой электродвигатель расположен в гондоле вне корпуса судна".
2. Два первых азипода просто зафиксированы, но это не значит, что они как-то отличаются от задних и вообще не крутятся.
3. У Сименса они называются *SiPOD*
4. Наши тоже должны отдельное название придумать для винто-рулевой колонки российского производства...
5. Причём в русской транскрипции типа: "Вертокол", "Крутовинт", "Вертоструй", "Струеправ"...)))
6. Коловрат
7. ....

**ABB :**

AZIPOD - "Azimuthing Podded Drive", an integrated physical unit for ship propulsion and steering. It incorporates an in-built electric Propeller Motor intended for variable speed operation. *The Azipod is topped by a freely rotatable Steering Gear.*

# Кристоф де Маржери \_ Док 2021

