

An aerial photograph of a city, likely Istanbul, featuring a large suspension bridge spanning a body of water. Two ferries are visible on the water, moving away from the viewer. The city skyline is visible in the background with various buildings and greenery.

СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Компетенция : « Маневрирование судна »

СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Активный руль.
2. Роторный руль
3. Руль Беккера-Ястрема.
4. Фланкирующий руль.
5. Руль Шиллинга.
6. Двойные рули Шиллинга.
7. Раздельные поворотные насадки.
8. Тоннельное подруливающее устройство.
9. Главные винто-рулевые колонки:
 - Электродвижущая система AZIPOD.
 - Z-образная передача (угловая колонка) (Z-drive).
10. Выдвижное азимутальное подруливающее устройство
11. Водомётный движитель (водомёт).
12. Судовой крыльчатый движитель, (*Voith Schneider Propeller*).
13. Система Динамического Позиционирования

СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Винторулевой комплекс морских судов, как правило, не обеспечивает их необходимую маневренность при движении на малых скоростях. Поэтому на многих судах для улучшения маневренных характеристик используются средства активного управления, которые позволяют создавать силу тяги в направлениях, отличных от направления диаметральной плоскости судна. К ним относятся: крыльчатые движители, активные рули, подруливающие устройства, поворотные винтовые колонки, раздельные поворотные насадки, водометные движители, а также другие средства активного управления.

Недостатки, присущие общему винторулевому комплексу:

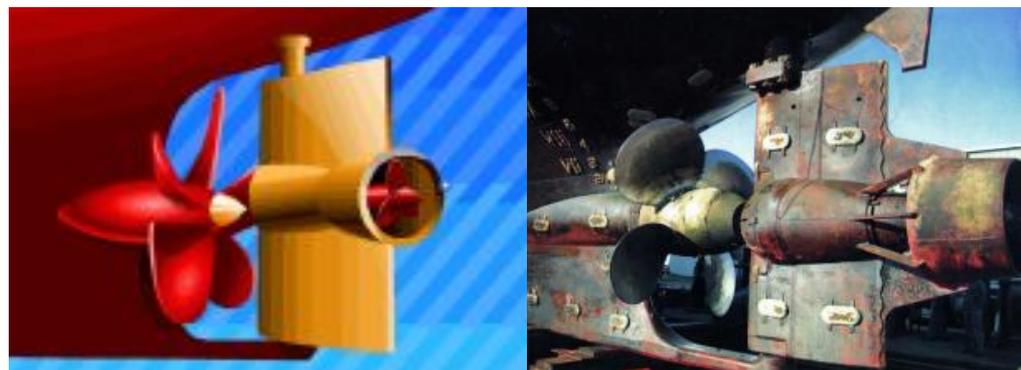
- потеря скорости хода судна при переключении руля, вызывающая значительные затраты мощности главных двигателей судна, что особенно проявляется для судов технического флота, буксиров и паромов;

- фактическая потеря управляемости судна на малых скоростях движения, отсутствии хода и при движении судна на заднем ходу, что является недопустимым по требованиям безопасности при швартовке, входе в шлюз и других аналогичных маневрах, выполняемых судном в условиях стесненной акватории;

- незащищенность и повреждения судовых рулей при эксплуатации на засоренном фарватере и на мелководной акватории (удары о плавающие предметы и лед, повреждения при посадке на мель, задевании о грунт, камни, затопленные конструкции).

АКТИВНЫЙ РУЛЬ

Наиболее широко применяемым средством управления является руль, который может быть разной конструкции. В качестве средства активного управления может быть представлен активный руль. Активный руль представляет собой особую конструкцию, состоящую из небольшого гребного винта вмонтированного в обтекаемом кожухе на задней кромке пера руля. Установка, приводящая в действие гребной винт активного руля может быть различных типов. В настоящее время чаще всего встречаются установки двух основных типов: штанговый механический привод от электродвигателя, установленного в румпельном отделении и установка электродвигателя непосредственно в обтекаемом кожухе на пере руля



Активный руль

Активный руль может быть использован на судах любых размеров и любого назначения и в комбинации с любым видом двигателя. Особенно большую пользу он может принести на судах с одним гребным винтом. При плавании в открытом море активный руль улучшает управляемость судна и повышает его способность точно удерживаться на курсе в условиях бурного моря и сильного ветра и течения. При плавании в гаванях и узкостях, а также при частых швартовках, особенно в открытом море, активный руль, позволяющий разворачивать судно на обратный курс в пределах его собственной длины, может и должен найти еще большее применение.

Преимущества: помимо силы давления воды на перо, передаёт силу упора своего движителя, что позволяет обеспечить управляемость судна практически на месте.

Недостатки: 1. Повышение сопротивления движению судна, что особенно сильно проявляется в случае, когда винт застопорен, а в режиме свободного вращения винта резко возрастает его износ и сильно снижается его ресурс.

2. Усложнение и удорожание конструкции по сравнению с пассивным

РОТОРНЫЙ РУЛЬ

Роторный руль представляет собой поворотное перо, перед которым расположен цилиндр, способный вращаться вокруг собственной оси, соосной с осью поворота основного пера. Лобовая часть этого цилиндра и основное перо образуют общий крыловой профиль.

Вращение цилиндра может осуществляться различными способами: с помощью гидравлических двигателей, механических и гибких передач, электродвигателей, расположенных в самом теле руля или корпусе судна.

Направление вращения цилиндра зависит от знака угла перекаладки пера руля, за исключением зоны углов $\pm 10^\circ$, внутри которой цилиндр остается неподвижным.

Благодаря вращению цилиндра, расположенного в носовой части руля, обтекание основного пера при углах перекаладки, больших $35-40^\circ$, происходит без срыва потока, как это бывает у рулей обычной конструкции. Вследствие этого роторные рули могут перекаладываться на углы $70-80^\circ$, при этом эффективность рулей увеличивается пропорционально углу перекаладки. Судно, на котором установлен роторный руль, может разворачиваться практически на месте. Это свойство роторных рулей особенно важно для обеспечения маневрирования на малых скоростях хода (при маневрировании в портах, при швартовных операциях и др.), когда обычные рули работают плохо. На ходовых режимах, при которых не требуются большие перекаладки руля, эффект вращения цилиндра практически отсутствует. Цилиндр останавливают, и роторный руль работает как обычный.

Действие роторного руля (рис. 5.5,в) основано на эффекте, открытом в 1852 немецким учёным Г.Г.Магнусом (H.G.Magnus).

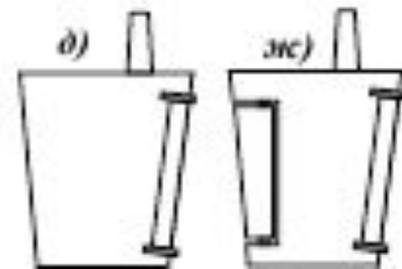
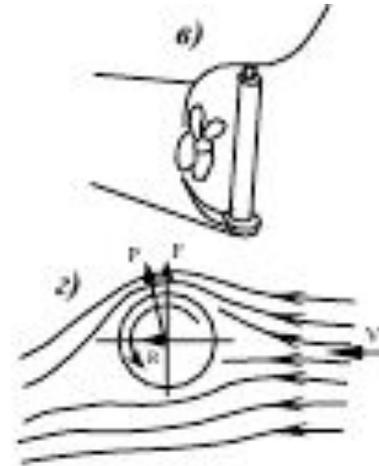
Эффект Магнуса - возникновение поперечной силы, действующей на тело, которое вращается в набегающем на него потоке жидкости или газа. Так, например, если вращающийся длинный круговой цилиндр (рис. 5.5,г) обтекается безвихревым потоком, направленным перпендикулярно его образующим, то вследствие вязкости жидкости скорость течения со стороны, где направление скорости потока и вращения цилиндра совпадают, увеличивается, а со стороны, где они противоположны, - уменьшается. В результате давление на первой стороне падает, а на другой стороне возрастает, то есть появляется поперечная сила F . Направлена она всегда от той стороны вращающегося тела, на которой направление вращения и направление потока противоположны, к той стороне, на которой эти направления совпадают. Сила сопротивления цилиндра движению потока обозначена на рисунке как R , а сумма F и R - как P . На некоторых судах роторный руль применяется как носовой подруливающий орган.

На американских морских буксирах получили некоторое распространение роторные и роторно-перьевые рули. Такой руль представляет собой вращающийся вертикальный круговой цилиндр диаметром $0,15 \div 0,20$ хорды обычного руля. Гидродинамическое качество роторного руля (по американским данным) составляет $5 \div 9$. Для обычного руля при перекаладке с борта на борт $1,2 \div 1,8$. Руль эффективен при относительной скорости $\pi dn / v < 4,0$, где d - диаметр ротора; n - частота вращения вала, $1/с$; v - скорость движения судна, м/с.

У роторно-перьевого руля вращающийся ротор диаметром примерно 10% хорды встраивают в носовую часть пера руля.

Преимущества: Наличие вращающегося ротора создает боковую силу даже на непорезанном руле порядка максимальной подъемной силы того же руля с неподвижным ротором. Максимальная боковая сила при вращении ротора повышается в 2,2 - 3,2 раза.

Недостатки: Усложнение конструкции.



РУЛЬ БЕККЕРА-ЯСТРЕМА

Руль с закрылком на ППХ и ПСХ в большинстве случаев применяется без работы закрылка как обычный обтекаемый руль. В малых скоростях закрылок вводится в действие и его перекадка увеличивает боковую силу руля. В режиме экономии топлива для стабилизации курса в открытом море при невысокой степени волнения применяется только закрылок, а руль находится в ДП, увеличивая стабилизирующий эффект корпуса. Одним из видов рулей с закрылком является руль Беккера, предназначенный для тихоходных судов не очень большого тоннажа.

Руль Беккера-Ястрема. Руль Беккера-Ястрема состоит из трех частей: цилиндра, который при своем вращении способствует установлению ламинарного потока вдоль обеих сторон пера руля (предложено Ястремом), основного пера руля и закрылка, который разворачивается на угол, в два раза превышающий угол разворота пера руля. Благодаря такой конструкции можно направить поток от винта перпендикулярно ДП судна и тем самым резко сократить диаметр циркуляции судна.

Роторно-перьевой руль - это высокоэффективный орган управления, объединяющий перо руля и ротор в передней его части. Это нововведение препятствует завихрению потока на всасывающей стороне руля при больших его перекадках. Наилучшие результаты достигаются при малых скоростях хода. При больших скоростях ротор не используется, и роторно-перьевой руль работает как обычный.

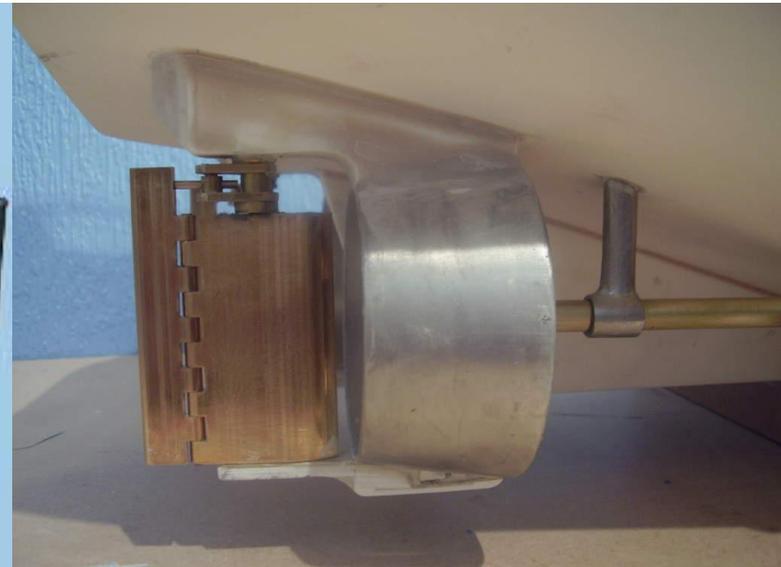
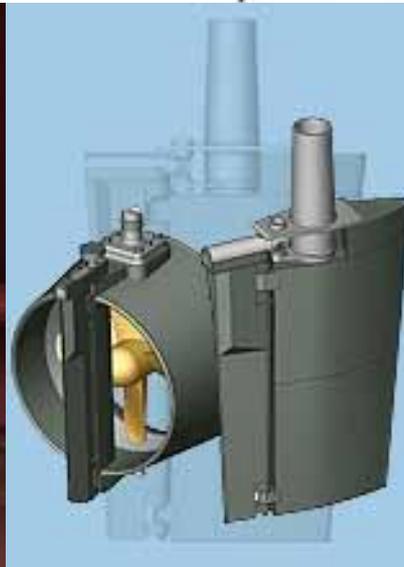
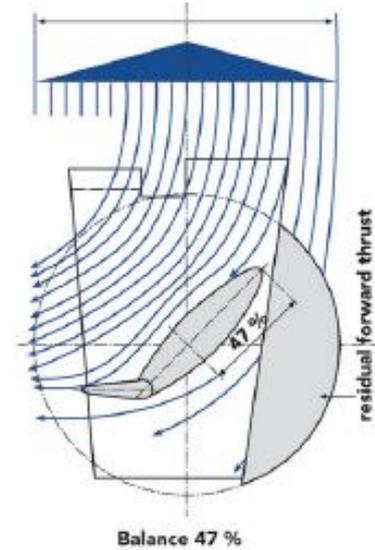
Роторно-перьевой руль с закрылком объединяет преимущества роторно-перьевого руля и гидравлически связанного с ним закрылка. Он позволяет достичь высокую маневренность судна при низких скоростях хода. Эффект этого руля сравним с действием пропульсивного средства. При больших скоростях ротор и закрылок не применяют, и руль работает как обычный. В режиме экономии топлива при движении в открытом море для управления движением используется только закрылок, а руль находится в ДП.



Схема руля Беккера-Ястрема.



Схема работы руля Беккера.



ФЛАНКИРУЮЩИЙ РУЛЬ

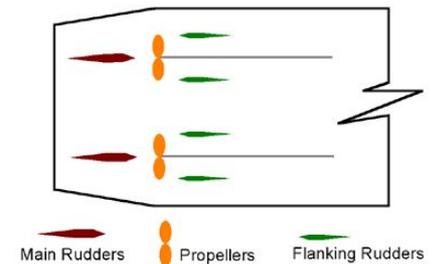
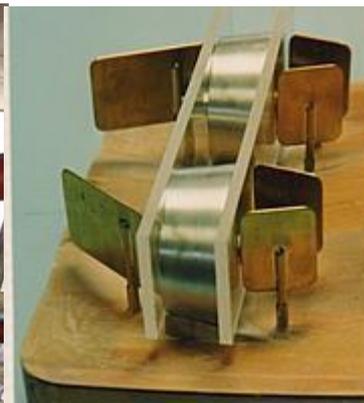
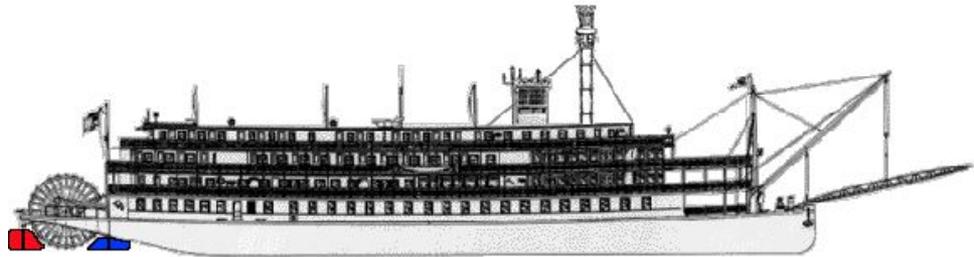
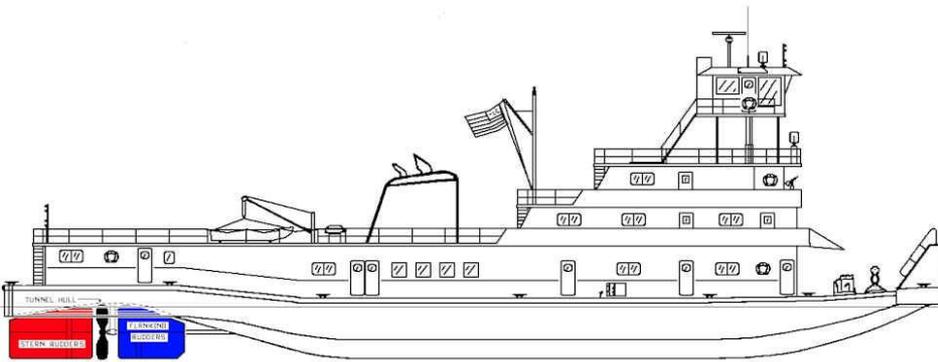
Для обеспечения управляемости на заднем ходу толкачи оборудуются рулями заднего хода (так называемыми фланкирующими), которые устанавливаются впереди гребных винтов с таким расчетом, чтобы поток воды, возникающий при работе винтов на задний ход, был направлен на эти рули.

Управляемость на заднем ходу обеспечивается установкой перед каждой насадкой двух фланкирующих рулей. В обычном состоянии фланкирующие рули располагаются под углом 50 к ДП, в соответствии со скосом потока перед насадкой.

Используются на судах внутреннего плавания.

Преимущества: обеспечивается управляемость на заднем ходу.

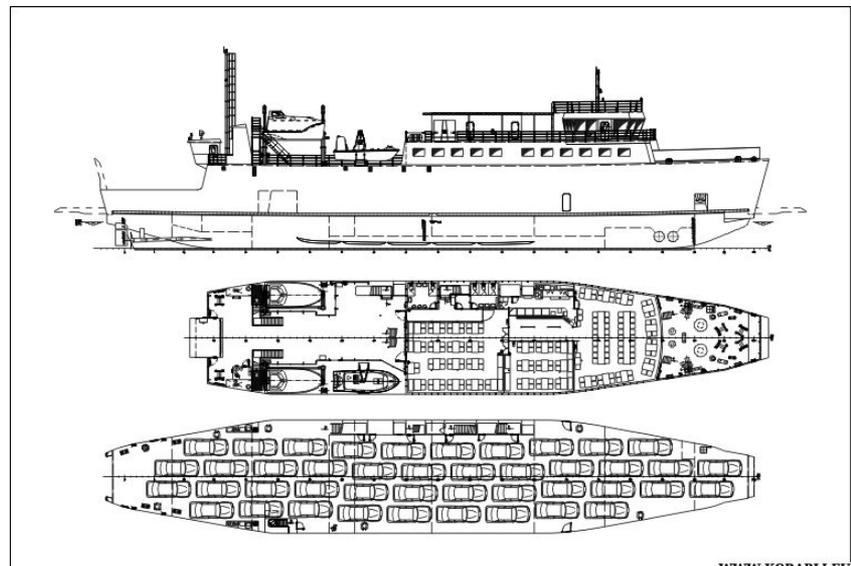
Недостатки: усложнение конструкции



НОСОВЫЕ РУЛИ

Носовые рули. Для улучшения поворотливости и уменьшения ширины ходовой полосы, занимаемой толкаемым составом или крупнотоннажным грузовым теплоходом при прохождении крутых поворотов, на реках находят применение носовые опускающиеся рули. Эти рули размещаются в сквозных нишах корпуса в носовой части передней баржи толкаемого состава или судна с санными обводами и составляют с ДП судна угол $35 - 45^\circ$. Подъем и опускание носовых рулей производятся с помощью специального дистанционно управляемого привода. В обычных условиях эксплуатации рули подняты, за пределы корпуса судна не выступают и их не используют. При движении по лимитирующему перекаату реки носовой руль того борта судна, в сторону которого осуществляется поворот, опускается и на нем возникает боковая сила, способствующая повороту судна или состава.

Носовые рули - судовые рули, устанавливаемые на парамах и некоторых других судах для повышения управляемости на заднем ходу. Носовые рули размещаются непосредственно за форштевнем в специальном окне корпуса судна. Форма пера носовых рулей соответствует обводам судна



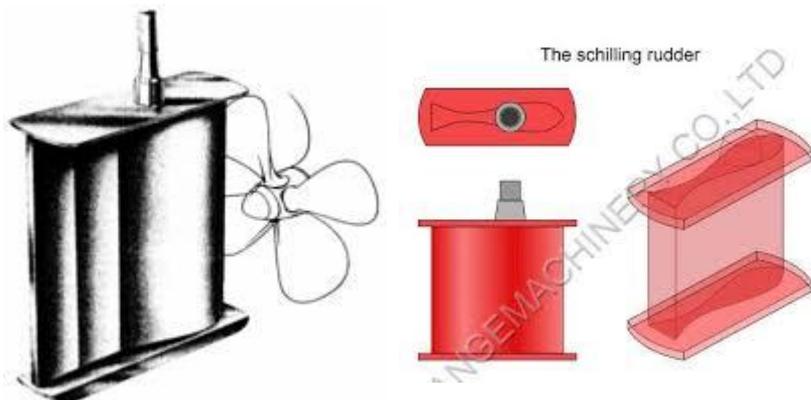
Паром «Skâne» имеет нетипичную рулевую систему, состоящую из двух рулей - кормового и носового.

www.korabli.eu
Паром «Николай Аксененко»

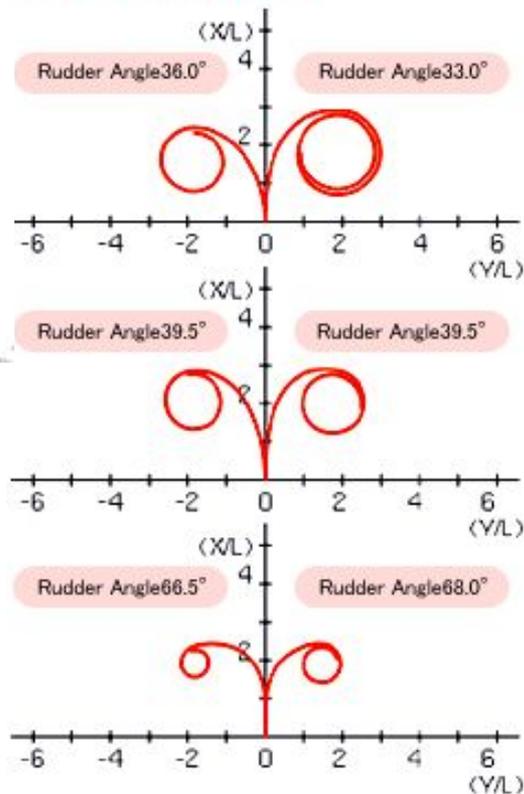
РУЛЬ ШИЛЛИНГА

Рули Шиллинга. Перо руля особой конфигурации, улучшающей условия обтекания его потоком воды, располагается за винтом судна.

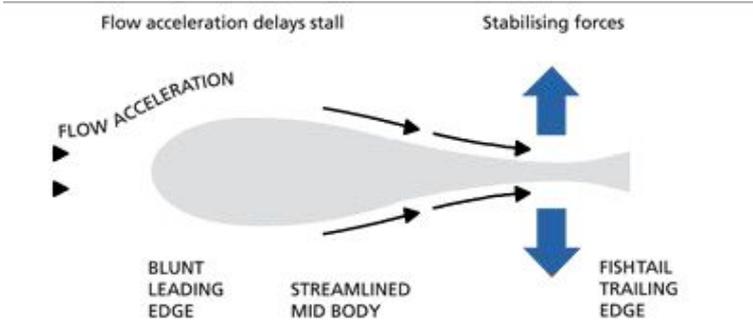
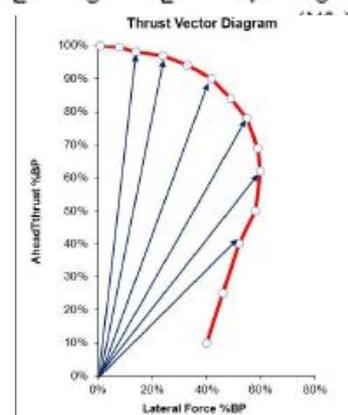
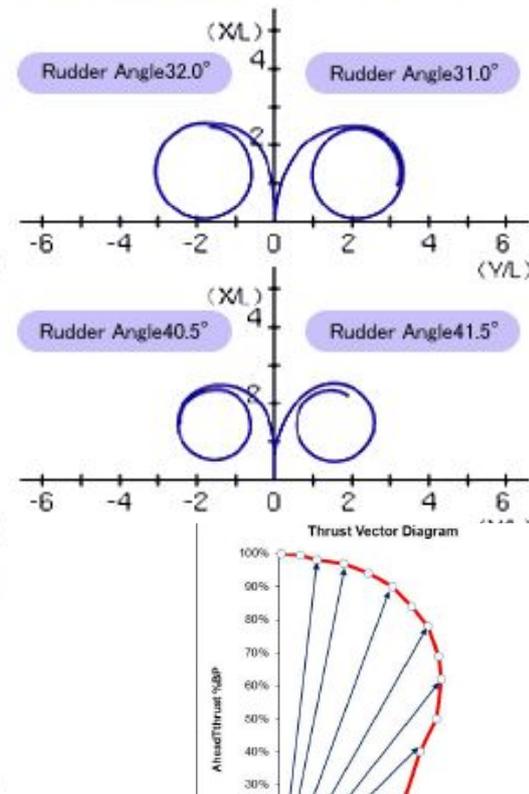
Преимущества: При маневрировании судна перо руля может перекадываться на 70° , что резко улучшает поворотливость судна, особенно при малой скорости движения. При руле, переложеном на 75° , практически 70-80% мощности двигателя идет на разворот судна и лишь 20-30% - на поступательное движение.



Mariner Schilling Rudder



Conventional Mariner Type Rudder

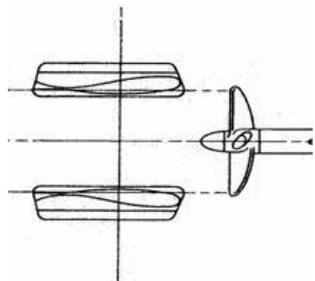


ДВОЙНЫЕ РУЛИ ШИЛЛИНГА

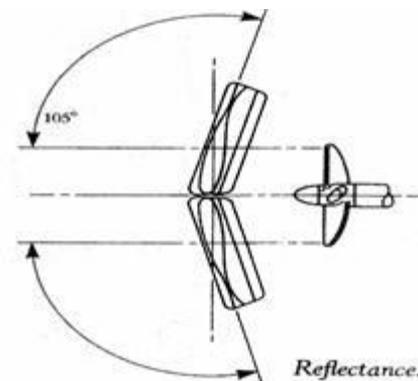
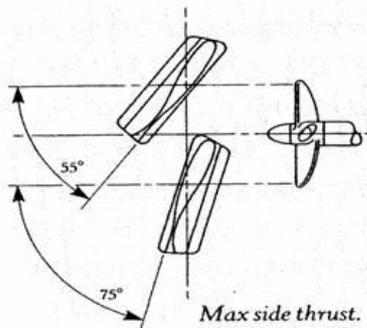
Двойные рули Шиллинга. Два пера руля особой конфигурации, улучшающей условия обтекания их потоком воды, располагаются за винтом судна. При следовании судна полным ходом плоскости перьев располагаются параллельно друг другу и разворачиваются синхронно на 35° . При необходимости производства маневров перья рулей могут разворачиваться раздельно.. При сложном маневрировании судном управляет, как правило, сам капитан с помощью джойстика

Преимущества: резко улучшает управляемость судна, особенно на малых скоростях, поскольку изменяет направление потока вода от винта. Для экстренного торможения судна не нужно изменять направление вращения движителей. Два пера руля разворачиваются таким образом, что поток от винта меняет свое направление на 180°

Недостатки: усложнение и удорожание конструкции.



Двойные рули Шиллинга.



Положение рулей Шиллинга при экстренном торможении.

Схема расположения рулей Шиллинга на максимум боковой силы

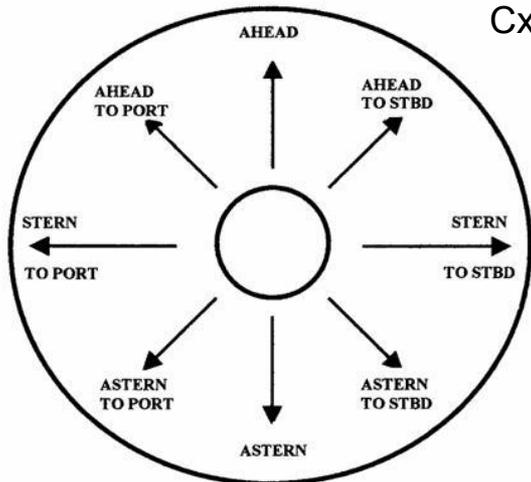


Схема пульта управления рулями Шиллинга.



РАЗДЕЛЬНЫЕ ПОВОРОТНЫЕ НАСАДКИ

Раздельные поворотные насадки. Поворотная насадка – это стальное кольцо, профиль которого представляет элемент крыла. Площадь входного отверстия насадки больше площади выходного. Гребной винт располагается в наиболее узком ее сечении. Поворотная насадка устанавливается на баллере и поворачивается до 40° на каждый борт, заменяя руль. Раздельные поворотные насадки установлены на многих транспортных судах, главным образом речных и смешанного плавания, и обеспечивают их высокие маневренные характеристики.

Поворотная направляющая насадка на гребной винт в качестве органа управления судном по своему действию аналогична рулю. При перекладке насадки на ней возникает гидродинамическая сила, передающаяся на корпус и вызывающая поворот судна. Если сопоставить боковую (подъемную) силу, возникающую при ходе судна на переложной насадке и на размещенном в винтовой струе руле аналогичной формы в проекции на ДП судна, то на насадке эта сила оказывается примерно на 40 - 50 % большей. Преимущество насадки в этом отношении обусловлено тем, что перекладка насадки ведет к интенсивному отклонению потока, отбрасываемого винтом, и, как следствие, к значительному повороту вектора тяги комплекса винт - поворотная насадка. Этот поворот тем больше, чем меньше скорость хода и больше нагрузка винта, поэтому наибольшее отклонение вектора тяги наблюдается в швартовном режиме работы комплекса.

Одним из наиболее результативных путей повышения эффективности поворотной насадки как средства управления судном является установка на ней поворотного стабилизатора.

Неподвижную часть стабилизатора (рудерпост) устанавливают внутри насадки. Поворотную часть стабилизатора навешивают на рудерпост.

Привод поворотной части стабилизатора осуществляют по схеме, аналогичной схеме привода рулей Беккера, для чего на корпусе судна устанавливают штырь, входящий в паз направляющей стабилизатора. Положение штыря относительно баллера выбирают таким образом, чтобы при перекладке насадки на максимальный угол 30° угол перекладки стабилизатора составлял 60° .

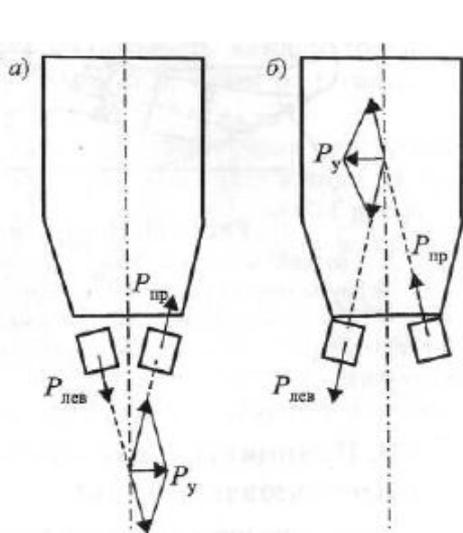


Рис. 3.10. Схема действия раздельных поворотных насадок (РПН):

а) перекладка РПН внутрь;
б) перекладка РПН наружу

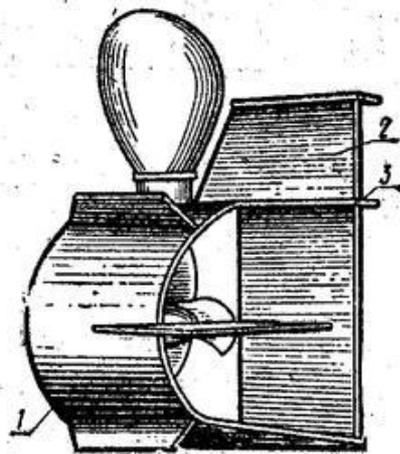


Рис. 6. Поворотная направляющая насадка:

1 — насадка; 2 — стабилизатор; 3 — горизонтальные щайбы (ребра)

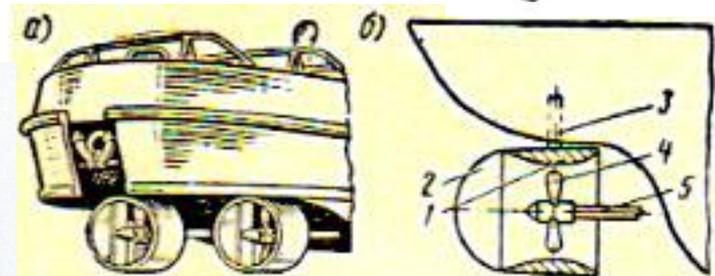
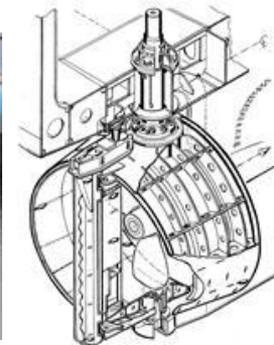
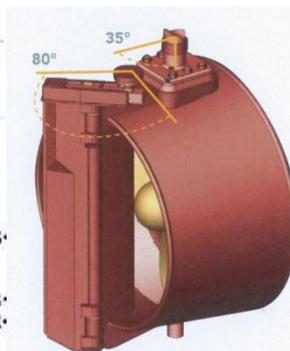


Рис. 34. Поворотные насадки:

а — общий вид; б — устройство; 1 — корпус; 2 — стабилизатор; 3 — баллер; 4 — гребной винт; 5 — гребной вал

РАЗДЕЛЬНЫЕ ПОВОРОТНЫЕ НАСАДКИ

УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ С ПОВОРОТНЫМИ НАСАДКАМИ

На многих самоходных судах внутреннего плавания вместо рулей устанавливают поворотные насадки. Управление судном с помощью поворотных насадок на переднем ходу существенно не отличается от управления судами с помощью рулей. При повороте насадок на некоторый угол α они отклоняют на тот же угол направление струй воды, отбрасываемых гребными винтами. Суммарная сила P потока, отбрасываемого гребными винтами, с плечом l , равным расстоянию между результирующей и центром тяжести судна, образует момент $M = Pl$, который разворачивает судно.

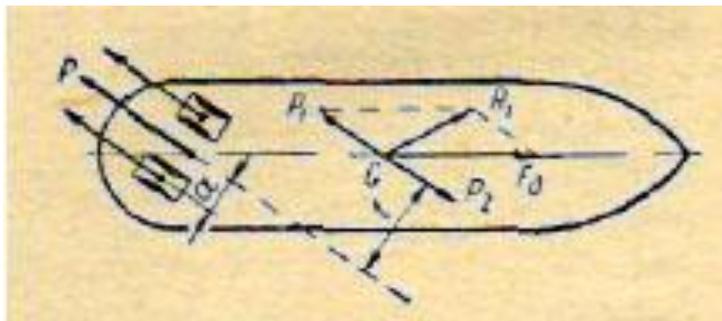


Схема сил, действующих на судно при переключении поворотных насадок

Необходимо отметить, что величина силы P больше, чем рулевой силы, действующей на перо руля, поэтому эффективность поворотных насадок по сравнению с обычным рулем выше.

Преимущество поворотных насадок сказывается также и при следовании судна задним ходом. В этом случае сила P будет лишь несколько меньше, чем на переднем ходу, а момент ее будет действовать в обратную сторону.

При плавании по каналам с малыми скоростями и особенно при движении по инерции суда с поворотными насадками управляются значительно хуже, чем суда с обычными рулями. В целях улучшения управляемости и повышения поворотливости судов с поворотными насадками при движении на малой скорости в настоящее время применяют раздельное управление насадками, при котором создается возможность их поворота в разные стороны при работе винтов враздрай.

Направление вращения (поворота) судна при пуске назад одного или двух двигателей определяется положением насадок относительно диаметральной плоскости судна: если насадки переложены на правый борт, то корма судна пойдет вправо, а нос влево, и наоборот.

У судов с раздельным управлением насадок при переключении их на разные борты и работе винтов враздрай вращение судна происходит значительно быстрее по сравнению с вращением судов, на которых управление насадками осуществляется не раздельно.

Достоинства: 1. Эффективность насадок на 40-50% выше, чем у руля и винта без насадок.

2. При следовании задним ходом судно управляется.

3. При наличии 2 насадок судно управляется значительно лучше при работе насадок «враздрай».

Недостатки: 1. При отсутствии хода и на малых ходах поворотные насадки неэффективны.

2. Применение РПН возможно только для судов оборудованных двумя винтами при режиме работы «враздрай».

3. Другой особенностью РПН, препятствующей их широкому применению, является наличие конструктивных ограничений по углу отклонения вектора тяги.

ТОННЕЛЬНОЕ ПОДРУЛИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

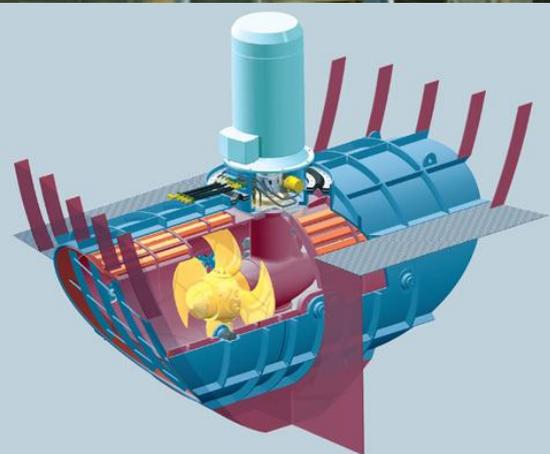
Тоннельное подруливающее устройство — судовое устройство — судовое устройство, предназначенное для активного управления судном — судовое устройство, предназначенное для активного управления судном; рабочий орган (винт — судовое устройство, предназначенное для активного управления судном; рабочий орган (винт) в сквозном канале, проходящем от одного борта — судовое устройство, предназначенное для активного управления судном; рабочий орган (винт) в сквозном канале, проходящем от одного борта судна к другому борту, перпендикулярно его диаметральной плоскости.

Устанавливается в носовой части судна или в носовой и кормовой частях одновременно;

Позволяет улучшить управляемость судном на малых скоростях или при остановленном главном двигателе, при сравнительно больших скоростях хода (ориентировочно, более 5 узлов) подруливающее устройство теряет эффективность.

Устанавливаются на судах любых типов.

Достоинства: надежность, высокая эффективность, износостойкость



ГЛАВНЫЕ ВИНТОРУЛЕВЫЕ КОЛОНКИ

Последние годы отмечены поступлением на флот судов с принципиально новыми техническими решениями, отличающимися от традиционно используемых прежде. К числу таких решений относятся главные винто-рулевые колонки (ГВРК), соединяющие в себе функции движителя и рулевого устройства активного типа.

Винто-рулевые колонки с механическим приводом гребного винта от 2-х ступенчатой конической передачи названы "Aquamaster" (по названию первой фирмы-производителя), а колонки с электроприводом - "Azipod" (Azimuthing Electric Propulsion Drive).

У ГВРК типа «Азипод» гребной электродвигатель (ГЭД) привода винта расположен в гондоле винто-рулевой колонки, а у ГВРК типа «Аквамастер» передача мощности к гребному винту осуществляется через систему зубчатых конических передач, расположенных в вертикальной стойке и гондоле устройства.

Указанные ГВРК в настоящее время применяются на судах всех типов и назначения: буксирах, наливных, ледового плавания, ледоколах, пассажирских и других. Преимуществом этих движительных комплексов являются их высокая пропульсивная эффективность, низкая виброактивность, упрощение компоновки и монтажа механической установки за счет отказа от длинного валопровода, улучшенные весовые показатели с получением дополнительных высвободившихся объемов под грузовые и общесудовые нужды и др.

ГВРК типа «Аквамастер» представляют собой устройство, состоящее из 2-х прямоугольных передач (отсюда название Z-образная передача), разобщительной муфты и поворотного механизма и обеспечивающее передачу усилия главного двигателя (ГД) на винт. Нижний конец ГВРК поворачивается на 360°, что позволяет изменять направление упора винта по желанию.

Преимущества применения главных винто-рулевых колонок

1. Функциональная комплектация (приводное оборудование) - гидравлика, механизм передачи крутящего момента, система гребного вала - автономные или навешенные; проектирование, изготовление, приобретение и монтаж оборудования может быть выполнено на основе существующих известных элементов, без необходимости их стыковки, подгонки и согласования;
2. Более простая конструкция (в одном устройстве объединены функции движительного и рулевого устройства), не вызывающая трудностей при монтаже, демонтаже, техническом обслуживании, ремонте;
3. Использование ГВРК позволяет сократить машинное отделение на несколько метров. При одной и той же длине судна грузовое пространство возрастает на 2-8 %. Оценка базируется на основании рассмотрения нескольких проектов судов.
4. Кормовую оконечность судна возможно формировать более рационально, что приведет к более благоприятным обводам кормы и увеличению водоизмещения, с учетом того обстоятельства, что установки с ГВРК имеют более легкую конструкцию.
5. Сборка колонок полностью («Аквамастер») или частично («Азипод») может быть выполнена в береговых условиях на заводе, судовой верфи и т.п.;
6. Монтаж, демонтаж и ремонт ГВРК можно производить в более сжатые сроки. Для ГВРК «Аквамастер» колонку можно (де)монтировать опусканием (подъемом) без постановки судна в док. Это в первую очередь связано с такими трудоемкими работами как замена (ремонт) гребного винта или всей колонки.
7. Снижение затрат на техническое обслуживание установки, т.к. весь комплекс и его отдельные части могут легко демонтированы с судна для качественного ТО и Р в береговых условиях. Комплектующие механизмы и устройства, входящие в состав ГВРК, стационарного традиционного изготовления, ТО которых не вызывает затруднений.
8. Низкая виброактивность установки и высокая пропульсивная эффективность комплекса, а также упрощение компоновки и монтажа механической установки за счет отказа от длинных гребных валов.
9. Повышение безопасности мореплавания за счет улучшения маневренных качеств судна, что обусловлено также возможностью осуществления реверса за счет разворота колонок без изменения направления вращения гребных валов, а на 2-х вальных установках - обеспечение движения судна лагом.
10. ГВРК существенно улучшают поворотливость судна и облегчают движение в узкостях и при швартовных операциях.

Недостатки:

1. Широкому распространению ПВК препятствует их недостаточная эрозионная стойкость, слабая защищенность от механических повреждений, относительно высокая стоимость, вызванная сложностью конструкции
2. Затруднён ремонт в пути.

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИСТЕМА AZIPOD

В последнее время получила распространение электродвижущая система **Azipod** (Azimuth Pod – азимутальная гондола), которая включает в себя дизель-генератор, электромотор и винт.

Дизель-генератор вырабатывает электроэнергию, которая по кабельным соединениям передается на электромотор. Электромотор, обеспечивающий вращение винта, расположен в специальной гондоле. Винт находится на горизонтальной оси, уменьшается количество механических передач – в результате достигается максимальный пропульсивный коэффициент. Винторулевая 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.

По сравнению с традиционными пропульсивными комплексами на базе тепловых двигателей **Azipod** имеют ряд **преимуществ**, в том числе:

- высокие маневренные характеристики судна;
- высокая перегрузочная способность пропульсивного комплекса;
- сравнительно низкие эксплуатационные расходы;
- высокий КПД при работе на долевых нагрузках;
- возможность рационального размещения оборудования на судне с увеличением полезного объема;
- сокращение сроков постройки судна и доковых ремонтных работ.

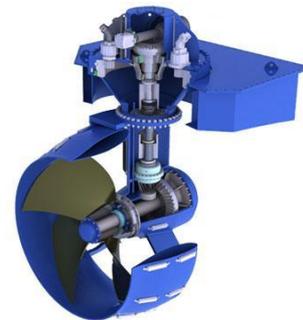
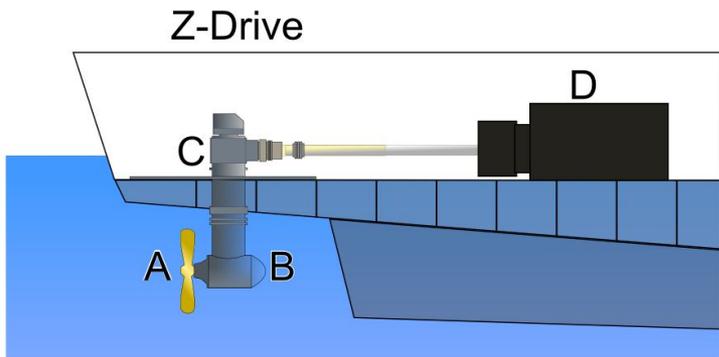
Одновременно внедряется **CRP (contra-rotating propeller)** технология. В этом случае винты располагаются друг против друга и имеют противоположное направление вращения, чем достигается наибольший двигательный эффект. Данная система используется на судах, обслуживающих регулярные линии, для которых очень важна скорость доставки груза или пассажиров.



Z-ОБРАЗНАЯ ПЕРЕДАЧА(угловая колонка) – Z-drive

Z-образная передача (угловая колонка) — механическая передача (угловая колонка) — механическая передача, состоящая из трех валов (угловая колонка) — механическая передача, состоящая из трех валов: входного, выходного и промежуточного, соединенных между собой коническими зубчатыми передачами. Расположение валов напоминает букву Z.

Z-образные передачи нашли применение на судах Z-образные передачи нашли применение на судах для привода гребного винта. Используется в основном на малых судах, катерах, буксирах, а также широко используется на шельфовом флоте.



ВЫДВИЖНОЕ АЗИМУТАЛЬНОЕ ПОДРУЛИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

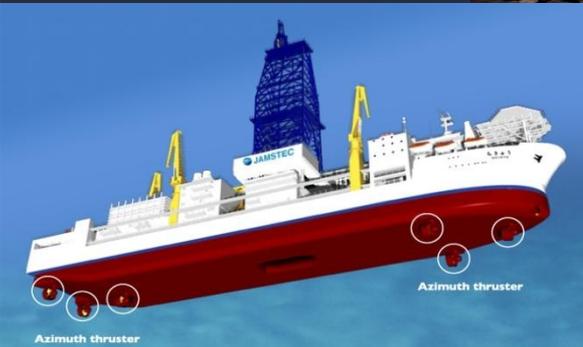
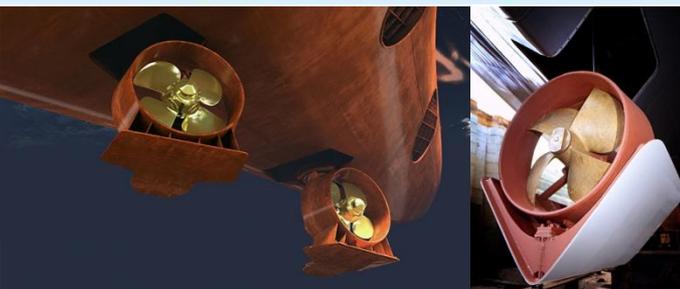
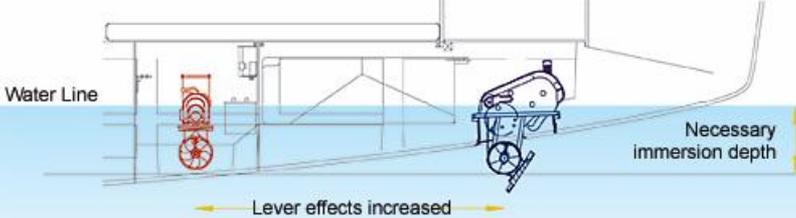
Выдвижное азимутальное подруливающее устройство — в судостроении [гребной винт](#) — в судостроении гребной винт, расположенный в поворачивающейся на 360° колонке. Такое устройство заменяет [руль](#) — в судостроении гребной винт, расположенный в поворачивающейся на 360° колонке. Такое устройство заменяет руль и позволяет [швартоваться](#) — в судостроении гребной винт, расположенный в поворачивающейся на 360° колонке. Такое устройство заменяет руль и позволяет швартоваться в стеснённых условиях, не привлекая [буксир](#).

Выдвижные подруливающие устройства используются для динамического позиционирования на морских платформах в качестве швартового подруливающих устройств на перегрузочных танкерах, и в качестве аварийного вспомогательного движителя на военно-морских судах и танкерах, работающих в прибрежной зоне

Азимутальное подруливающее устройство может быть как дополнительным движителем корабля, так и основным. Основным часто является на современных специализированных судах: [буксирах](#) Азимутальное подруливающее устройство может быть как дополнительным движителем корабля, так и основным. Основным часто является на современных специализированных судах: буксирах, [ледоколах](#).

Преимущества: ПВК, используемые как ВДРУ, обычно менее мощные, чем ПВК ГДРУ, и выполняются, как правило, откидывающимися или выдвижными. Это позволяет убрать устройство внутрь корпуса, если надобность в нем отсутствует, что предотвращает увеличение сопро-

тот ЗК, а также поломки последних.

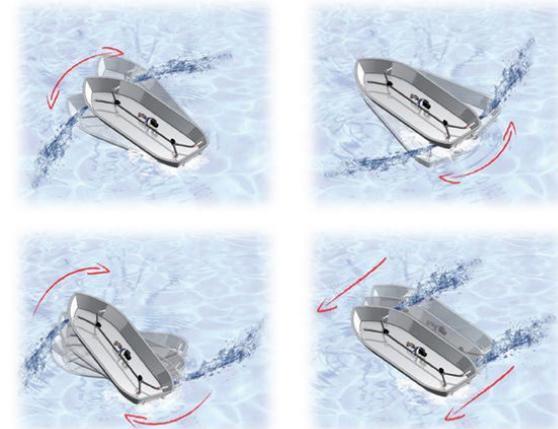
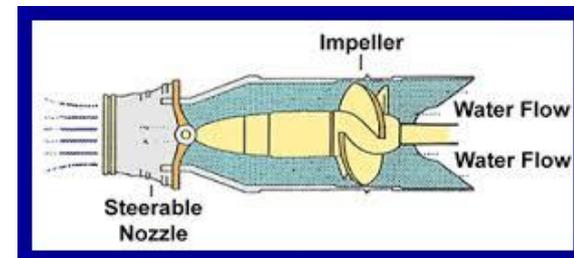
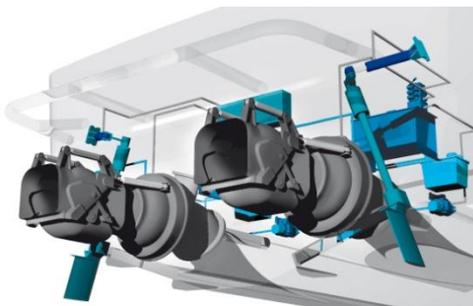


ВОДОМЕТНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ (водовет)

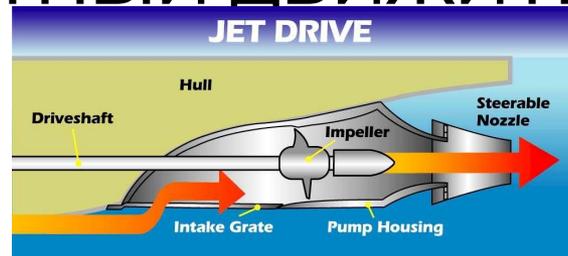
Водоветный движитель (водовет) — **двигатель** (водовет) — движитель, у которого сила, движущая **судно** (водовет) — движитель, у которого сила, движущая судно, создается выталкиваемой из него струей **воды** (водовет) — движитель, у которого сила, движущая судно, создается выталкиваемой из него струей воды (**реактивная тяга** (водовет) — движитель, у которого сила, движущая судно, создается выталкиваемой из него струей воды (реактивная тяга). Представляет собой водяной **насос**, работающий под водой.

Используется на скоростных с

ажирские суда, военные корабли)



ВОДОМЕТНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ (ВОДОМЕТ)



Водомётный движитель, водомёт, - судовой движитель, у которого сила, движущая судно, создается выталкиваемой из него струей воды. (Большая Советская Энциклопедия)

В чем же отличия водомета, преимущества и недостатки его применения? Начнем по порядку.

Водометный движитель состоит, как правило, из импеллера (винта) с валом, водовода (водометной трубы), спрямляющего аппарата и реверсивно-рулевого устройства.

Если вкратце, то принцип работы водомета таков: при вращении импеллера возникает разрежение, благодаря чему вода движется по водозаборнику (приемной трубе). Получив некоторое ускорение, она выбрасывается через сопло, выходное сечение которого меньше, чем диаметр водовода. Таким образом, отбрасываемая масса воды создает упор движителя, что и приводит катер в движение. Поворотом в горизонтальной плоскости потока, обеспечивается поворот катера. При перекрытии потока из сопла, струя воды поворачивается обратно, что дает катеру задний ход.

Достоинства:

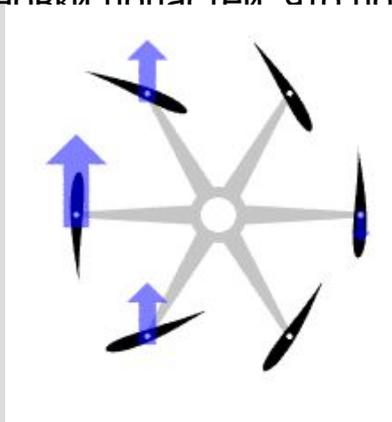
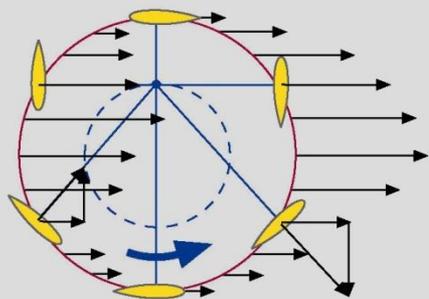
1. - отсутствие на корпусе выступающих частей и связанного с ними дополнительного сопротивления воды движению и повышенная надежность;
2. - возможность реверсирования судна (путем изменения направления реактивной струи) при постоянном вращении двигателя в одном направлении, что повышает моторесурс;
3. - обеспечение соответствия водомета двигателю при нерасчетных условиях эксплуатации (например, при увеличении сопротивления движению вследствие обрастания корпуса, при ходе на волнении, а также при изменении нагрузки судна);
4. - возможность эксплуатации лопастного механизма водомета при высоких скоростях хода без кавитации;
5. - более низкие уровни гидроакустического шума (на 6-10 дБ) и вибрации корпуса;
6. - лучшая управляемость судна в широком диапазоне скоростей переднего и заднего хода и более высокие инерционные характеристики.

Недостатки:

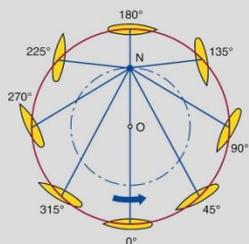
1. На малых легких катерах с водометом можно получить такую же скорость, как и на катерах с гребным винтом (при одинаковых частоте вращения и мощности).
2. Малооборотный гребной винт нельзя заменить высокооборотным малым водоструйным насосом.
3. Различные водометные установки неодинаково эффективно изменяют направление струи для получения заднего хода.
4. Недостатком водометного движителя является непропорциональное по отношению к частоте вращения увеличение и уменьшение скорости.
5. У катеров с малокилеватыми обводами или резкими изгибами формы корпуса воздух может попасть в водозаборник водомета, что немедленно приведет к уменьшению тяги.
6. Проблемы кавитации у водометных движителей возникают чаще, чем у обычного гребного винта, отчасти из-за решетки во всасывающем отверстии, которая образует завихрения во входящем потоке.
7. Коррозия водометных движителей, особенно в морской воде, представляет большую опасность, чем коррозия обычного бронзового гребного винта.
8. В мелких водоемах в движителя засасывается песок, ил и даже мелкие камни, которые порой наносят повреждения лопаткам водомета.
9. Высокая стоимость водомета - одна из важнейших отрицательных сторон. Стоит он примерно в полтора раза больше, чем обычный винто-рулевой комплекс.
10. Основное отличие в управлении водометным катером – маневры осуществляются только при работающем двигателе, и не следует сбрасывать газ до окончания маневра.
11. Управление судном с водометным движителем существенно отличается от управления обычным винтовым судном, особенно при маневрировании в стесненных акваториях. Проблема возникает, когда водитель переходит от обычной однорычажной системы управления к рычагам управления водометом.

СУДОВОЙ КРЫЛЬЧАТЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ- *Voith Schneider Propeller*

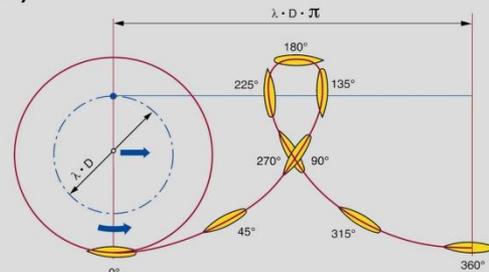
Судовой крыльчатый движитель, известный также под названием движитель Фойта — Шнайдера (англ. Voith Schneider Propeller) — двигательно-рулевое устройство — движительно-рулевое устройство с полностью погружённым в среду крыльчатим) — движительно-рулевое устройство с полностью погружённым в средукрыльчатым движителем с циклоидальным) — движительно-рулевое устройство с полностью погружённым в средукрыльчатым движителем с циклоидальным движением лопастей) — движительно-рулевое устройство с полностью погружённым в средукрыльчатым движителем с циклоидальным движением лопастей, создающее упор) — движительно-рулевое устройство с полностью погружённым в средукрыльчатым движителем с циклоидальным движением лопастей, создающее упор, направление которого может изменяться в пределах от 0° до 360° вправо или влево при изменении углов установки лопастей, что позволяет маневрировать судам и в



a)



b)



СУДОВОЙ КРЫЛЬЧАТЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ- *Voith Schneider Propeller*

Принцип действия крыльчатого движителя показан на рисунке. В процессе вращения диска каждая лопасть разворачивается перпендикулярно к линии, соединяющей середину хорды лопасти с точкой N . Эта точка называется *центром управления*. Угол атаки каждой лопасти за время оборота диска непрерывно меняется, достигая максимального значения, когда лопасть находится на радиусе, перпендикулярном ON . Поэтому суммарная сила упора лопастей P направлена по этому радиусу.

Абсолютное значение углов атаки, а значит, и сила упора увеличивается с увеличением расстояния от центра управления диска O , т.е. с увеличением *эксцентриситета*.

Система управления лопастями крыльчатого движителя позволяет устанавливать центр управления N в любое фиксированное относительно судовых осей положение, т.е. без реверсирования создавать упор в любом направлении и изменять его величину.

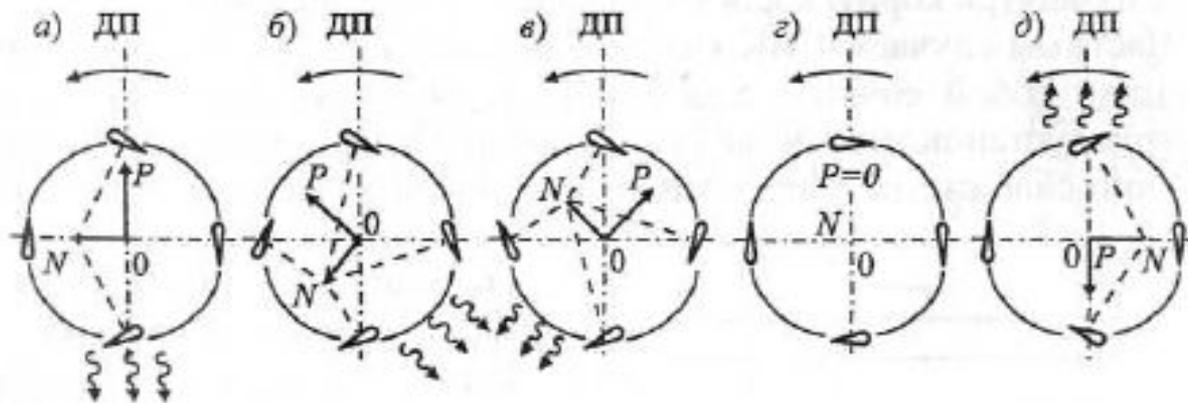


Рис. 3.8. Направление силы упора крыльчатого движителя P в зависимости от положения центра управления N относительно центра диска O : а) вперед; б) вперед и влево; в) вперед и вправо; г) нулевой упор; д) назад

СУДОВОЙ КРЫЛЬЧАТЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ- *Voith Schneider Propeller*

Крыльчатые движители. Они устанавливаются, как правило, на судах портофлота, повышают их маневренность, так как появляется возможность перемещаться не только вперед и назад, но и лагом (бортами). Эти движители нашли широкое применение на буксирах (толкачах), плавучих кранах, паромах, судах-снабженцах и др., которые работают в сложных стесненных условиях акватории порта. Крыльчатые движители применяются на судах как в качестве главного движителя, так и в виде вспомогательного средства управления. В первом случае его располагают под днищем судна, во втором — чаще всего в поперечном канале (трубе) корпуса судна.

Конструктивно крыльчатый движитель представляет собой диск (ротор) с вертикальной осью вращения. Ротор устанавливается заподлицо с днищевой обшивкой. На диске расположено 4—8 поворотных вертикальных лопастей. При вращении движителя каждая лопасть совершает свое вращательное движение по отношению к диску и вместе с диском — относительно воды.

Суда с крыльчатыми движителями имеют следующие **преимущества** перед винтовыми:

1. Возможность перемены хода без реверса двигателя,
2. Движение в любом направлении;
3. Отсутствие рулевого устройства, так как функции винта и руля заложены в самом крыльчатом движителе;
4. К. п. д. главного двигателя с крыльчатым движителем выше, чем у двигателя с гребным винтом;
5. При буксировке буксировщик может быть ошвартован в любой части судна, так как сила упора буксира в любом направлении одинаковая;
6. Скорость судна плавно набирается и гасится.

Однако наряду с преимуществами суда с крыльчатыми движителями имеют и **недостатки**:

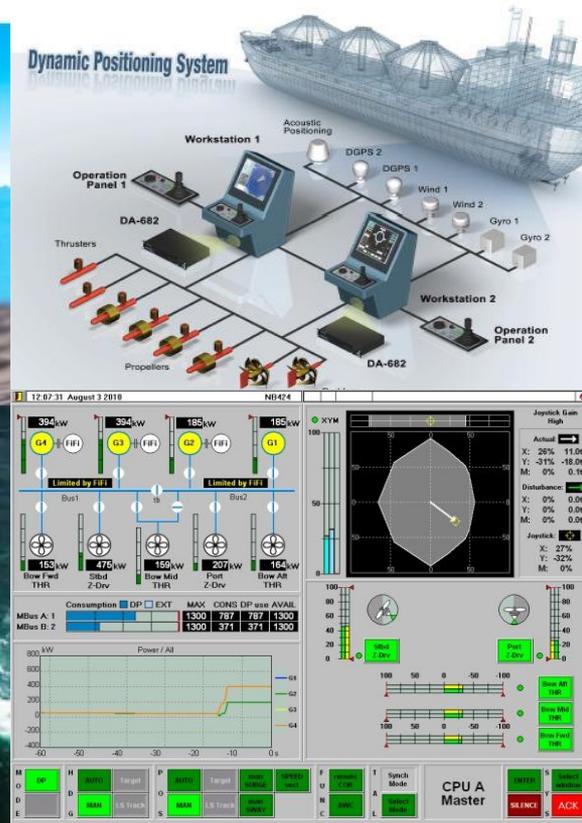
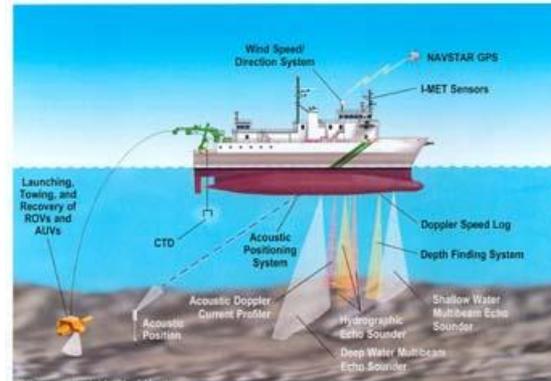
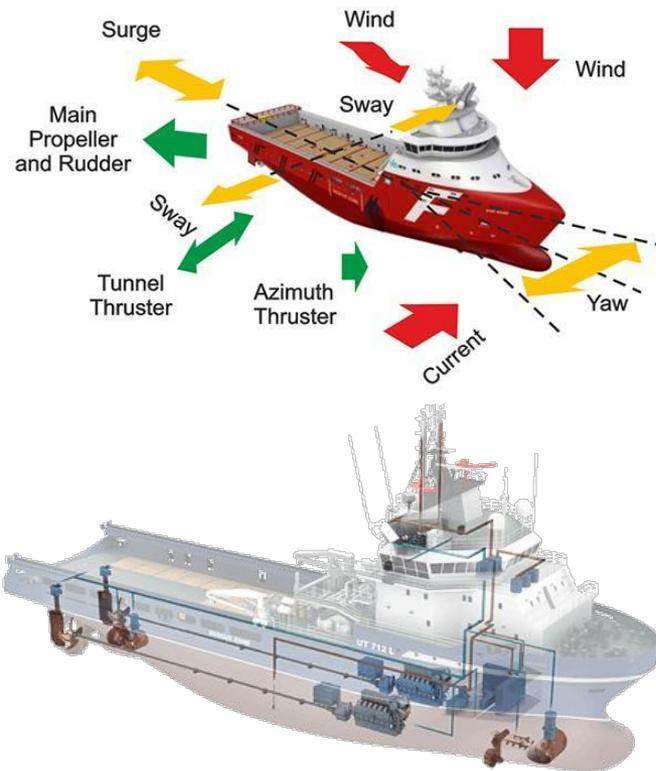
1. Суда не пригодны для плавания в открытом море, т. е. на волнении, так как в этом случае диск и лопасти будут испытывать чрезмерное напряжение.
2. Сложность конструкции и большая масса (вес) крыльчатых движителей позволяют применять их только на неревверсивных двигателях небольшой мощности;
3. Когда крыльчатый движитель установлен не заподлицо с днищем, то он увеличивает осадку судна, работа во льдах требует специальной надежной защиты движителя.

СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Система Динамического позиционирования это интегрированная система управления судном, спроектированная удерживать позицию и курс судна на автоматическом уровне, с высоким процентом точности, вблизи морских навигационных опасностей без использования якорей или швартовых концов, используя лишь судовые двигатели и средства активного управления (подруливающие устройства).

Все **ДП системы** используют принцип математического моделирования как основу функции позиционирования. ДП система содержит в себе математическую модель или описание динамики судового перемещения, что используется для предопределения позиции судна, его курса, а также перемещения. Использование этой информации, в сочетании с обработкой непрерывно поступающей информации от систем ориентации и датчиков, вырабатывает управляющие сигналы в энергоустановку и движительно-подруливающий комплекс, при помощи которых компенсируется суммарный вектор сил внешнего воздействия на судно (ветра, течения, волнения). Для качественного удержания ДП система всегда использует информацию от систем ориентации, работающих на разных физических принципах – гидроакустической, радиоволновой, спутниковой, электромеханической, лазерно-оптической и др. Отсюда логично, что **ДП система** является примером автоматического комплекса замкнутого цикла.

Благодаря своим высоким техническим характеристикам, удобству эксплуатации, возможности проведения работ на значительных глубинах суда с системами динамического позиционирования получили широкое практическое применение. Несмотря на их многообразие, эти суда объединяет общий принцип функционирования систем ДП. Но выбор и компоновка стабилизирующих движителей, средств определения координат местоположения центра ротации судна относительно заданной точки, структуры построения системы динамического позиционирования остаются на усмотрение судовладельца



СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Система динамического позиционирования — ([англ. dynamic positioning system](#)) — система, предназначенная для удержания судна в заданной позиции или области и (или) на заданном курсе, его перемещения на небольшие расстояния, следования вдоль заданного маршрута автоматически с высокой точностью посредством использования судовых движителей и подруливающих устройств.

[Международная морская организация](#) даёт следующее определение: «Система динамического позиционирования — это система, которая автоматически контролирует судно для удержания его позиции и курса исключительно посредством активного использования судовых движителей»

Широкое распространение системы динамического позиционирования нашли на вспомогательных судах нефтегазовой отрасли, а именно:

- судах снабжения;
- буксирах-якорезаводчиках;
- судах-кабелеукладчиках и трубоукладчиках;
- судах сейсмической разведки;
- буровых судах и мобильных буровых платформах;
- судах обеспечения водолазных работ (DSV, diving support vessels);
- земснарядах;
- шаттл-танкерах.

Это обусловлено тем, что данные суда по характеру выполняемых работ должны большую часть времени удерживать заданную позицию (например, суда снабжения, буровые суда и мобильные буровые платформы, суда обеспечения водолазных работ и прочие) или выполнять передвижения из позиции в позицию с высокой точностью (суда-кабелеукладчики, суда-трубоукладчики, суда сейсмической разведки, земснаряды и прочие).

Реже системы ДП можно встретить на танкерах, круизных пассажирских лайнерах и прочих.



СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Чем вызвана необходимость применения средств активного управления судном?
2. Что такое активный руль?
3. Что такое роторный руль?
4. Что такое руль Беккера-Ястрема и каковы его преимущества?
5. Что такое руль Шиллинга и каковы его преимущества?
6. Каковы преимущества двойного руля Шиллинга?
7. Что такое фланкирующий руль?
8. Что такое раздельные поворотные насадки и каковы их преимущества и недостатки?
9. Что такое тоннельное подруливающее устройство и каковы его преимущества и недостатки?
10. Что такое опускаемые азимутальные рулевые колонки и каковы их преимущества и недостатки?
11. Что такое Электродвижущая система AZIPOD и каковы её преимущества и недостатки?
12. Что такое Z-образная передача (угловая колонка) (Z-drive) и каковы её преимущества и недостатки?
13. Что такое водомётный движитель (водомёт) и каковы его преимущества и недостатки?
14. Что такое судовой крыльчатый движитель, (*Voith Schneider Propeller*) и каковы его преимущества и недостатки?
15. Каков принцип действия системы динамического позиционирования и для чего она используется?

СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Используемая литература.

1. Демин С.И. Управление судном/Демин С.И., Жуков Е.И. и др. – М. :Транспорт, 1991. -359 с.
- 2.2. Шарлай Г.Н. Управление морским судном./ Шарлай Г.Н. - Владивосток. : Мор. Гос.ун-т, 2009. -503 с.
3. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна/ Вагущенко Л.Л., Цимбал Н.Н. – Одесса: Феникс – Москва: ТрансЛит., 2007. – 376 с.
4. Captain Michael Hancox.Oilfield Seamanship Series. Vol.3, Anchor Handling. OPL, Ledbury, England – 306с.
5. Captain V.R.Gibson. Supply Ships Operations. OPL, Ledbury, England 1999. – 192с
6. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat

<http://www.dissercat.com/content/issledovanie-upravlyaemosti-sudov-s-giroskopicheskimi-sredstvami-upravleniya#ixzz3JsEZQahm>

7. http://knowledge.allbest.ru/transport/3c0b65625b2ac69b5c53b89521216d27_2.html

Подготовил

Доцент кафедры УС и БЖД на море ХГМА

К.Д.П., К.Т.Н.

Товстокорый О.Н.