

# Силы взаимодействия винта, руля и корпуса судна



Компетенция : «Маневрирование судна»

# Влияние гребного винта и руля на управляемость судна

## ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Назначение гребного винта.
2. Влияние боковых сил, обусловленных работой гребного винта.
3. Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком при работе гребного винта на передний ход.
4. Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком при работе гребного винта на задний ход.
5. Влияние боковых сил, обусловленных реакцией воды.
6. Влияние боковых сил, обусловленных действием набрасываемой струи.
7. Суммарное влияние боковых сил, обусловленных работой гребного винта.
8. Влияние гребного винта фиксированного шага (ВФШ) и руля на управляемость судна.
9. Влияние гребного винта регулируемого шага (ВРШ) и руля на управляемость судна.
10. Влияние гребного винта и руля на управляемость одновинтового судна.
11. Управление двухвинтовыми судами.
12. Управляемость одновинтового судна на заднем ходу.

# Назначение гребного винта

Основное назначение гребных винтов - это создание силы тяги для поступательного движения судна с определенной скоростью. Для этого необходимо создать движущую силу, преодолевающую сопротивление движению. Движущая сила создается работающим винтом, который, как и всякий механизм, часть энергии тратит непроизводительно.

Полезная мощность, необходимая для преодоления сопротивления, определяется формулой

$$N_n = RV,$$

где  $R$  — сила сопротивления;  $V$  — скорость движения.

Отношение полезной мощности к затрачиваемой называется пропульсивным коэффициентом комплекса корпус - движитель. Пропульсивный коэффициент характеризует потребность судна в энергии, необходимой для поддержания заданной скорости движения.

Максимальная тяга винта развивается в швартовном режиме (в случае, когда судно стоит на швартовых, а его машине дали полный передний ход). Эта сила примерно на 10 % больше тяги винта в режиме полного хода. Сила тяги винта при работе на задний ход для различных судов составляет примерно 70—80 % от тяги винта в режиме полного хода.

На судах морского флота преимущественно установлены четырехлопастные винты. В зависимости от направления вращения они разделяются на винты правого и левого вращения (шага). Винт правого вращения у судна, идущего передним ходом, вращается по часовой стрелке, винт левого вращения — против часовой стрелки.

Одновинтовые суда чаще всего имеют винты правого вращения; двухвинтовые с левого борта — винт левого вращения, с правого — правого вращения.

При вращении гребной винт образует за кормой струю воды, закрученную в сторону его вращения. Совершенно очевидно, что этот спиральный вихревой поток воды действует на перо руля и корпус, оказывая влияние на управляемость судна.

## Влияние боковых сил, обусловленных работой гребного винта

Вращающийся гребной винт на движущемся судне совершает одновременно поступательное движение со скоростью судна относительно невозмущенной воды  $V_s$  и вращательное движение с угловой скоростью  $\omega = 2\pi n$  ( $n$  — частота вращения винта, об/с).

В процессе вращения винта условия работы каждой лопасти периодически изменяются. Это связано с близостью поверхности воды при прохождении лопастью верхнего положения, а также с попутным потоком воды, увлекаемым корпусом. Так как кормовая часть корпуса в верхней части имеет более полные обводы, то и скорость попутного потока в верхней части больше, чем в нижней. Кроме того, струя, отбрасываемая винтом, за счет его вращения закручивается. При этом тангенциальные скорости закрученной струи в верхней части меньше, чем в нижней. При вращении винта вперед такая струя взаимодействует с пером руля, а при вращении назад — с кормовой частью корпуса.



## Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на передний ход

Перечисленные условия приводят к тому, что при работе винта, помимо полезной силы упора, возникают нескомпенсированные поперечные силы, влияющие на управляемость одновинтового судна (на двухвинтовом судне винты, как правило, вращаются в разные стороны, поэтому возникающие поперечные силы при синхронной работе винтов взаимно компенсируются).

Поперечные силы, обусловленные работой винта, разделяются на: силы, связанные с попутным потоком воды; силы реакции воды на винт; силы струи от винта, набрасываемой на руль или на корпус.

Основные закономерности работы гребного винта можно объяснить, если рассмотреть движение элемента лопасти, показанного на рис. 1.9 (площадь сечения заштрихована). Этот элемент расположен на радиусе  $r$  от оси вращения.

Скорость поступательного движения элемента — аксиальная скорость равна скорости судна относительно невозмущенной воды  $V_s$ , а окружная (тангенциальная) скорость элемента  $\omega r = 2\pi n r$ . Абсолютная скорость элемента относительно невозмущенной воды равна геометрической сумме аксиальной и окружной скоростей. Элемент лопасти можно рассматривать как крыло, движущееся в воде с углом атаки  $\alpha_0$ . При этом на элементе возникает элементарная гидродинамическая сила  $dP$ , пропорциональная углу атаки.

Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на передний ход

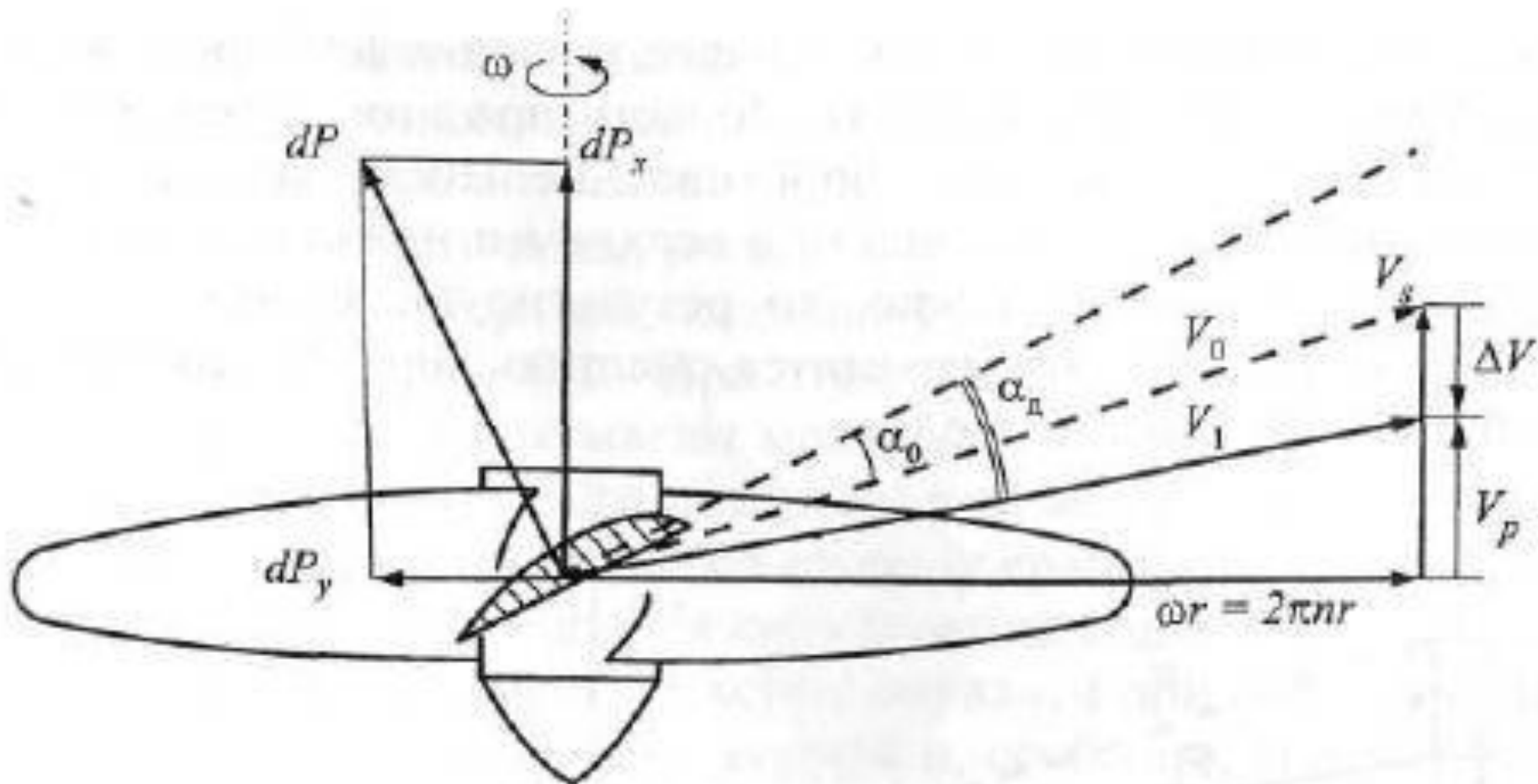


Рис. 1.9. Работа элемента лопасти вращающегося вперед гребного винта при движении судна передним ходом

## Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на передний ход

Аксиальная составляющая этой силы  $dP_x$  является силой упора рассматриваемого элемента лопасти, а поперечная составляющая  $dP_y$  — лобовым сопротивлением этого элемента. Произведение лобового сопротивления на радиус дает момент  $dM$  относительно оси вращения винта, возникающий на данном элементе.

Если проинтегрировать  $dP_x$  и  $dM$  по длине лопасти и умножить на число лопастей, то получится соответственно сила упора  $P$ , обеспечивающая поступательное движение судна, и момент на валу  $M$ , преодолеваемый двигателем. В реальных условиях за корпусом судна, движущегося со скоростью  $V_s$ , возникает попутный поток, средняя скорость которого  $\Delta V$ . Благодаря попутному потоку фактическая аксиальная скорость винта  $V_p$  относительно воды оказывается меньше  $V_s$ , на величину  $\Delta V$ , т. е.

$$V_p = V_s - \Delta V. \quad (1.8)$$



## Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на передний ход

При этом очевидно (см. рис. 1.9), что действительный угол атаки  $\alpha_d$  больше, чем угол атаки относительно невозмущенной воды  $\alpha_0$ . При возрастании угла атаки от  $\alpha_0$  до  $\alpha_d$  сила  $dP$  также увеличивается, а это приводит к увеличению силы лобового сопротивления  $dP_y$ .

Напомним, что попутный поток, увлекаемый корпусом судна, имеет в верхней части большую скорость, чем в нижней, поэтому и углы атаки будут иметь наибольшее значение при прохождении лопастями верхнего положения. Лопасти при этом будут испытывать максимальное лобовое сопротивление. Поскольку силы лобового сопротивления для лопасти в верхнем и нижнем положениях направлены противоположно, то результирующая этих сил для винта правого вращения стремится сместить корму в сторону действий большей силы, т. е. влево.



Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на задний ход

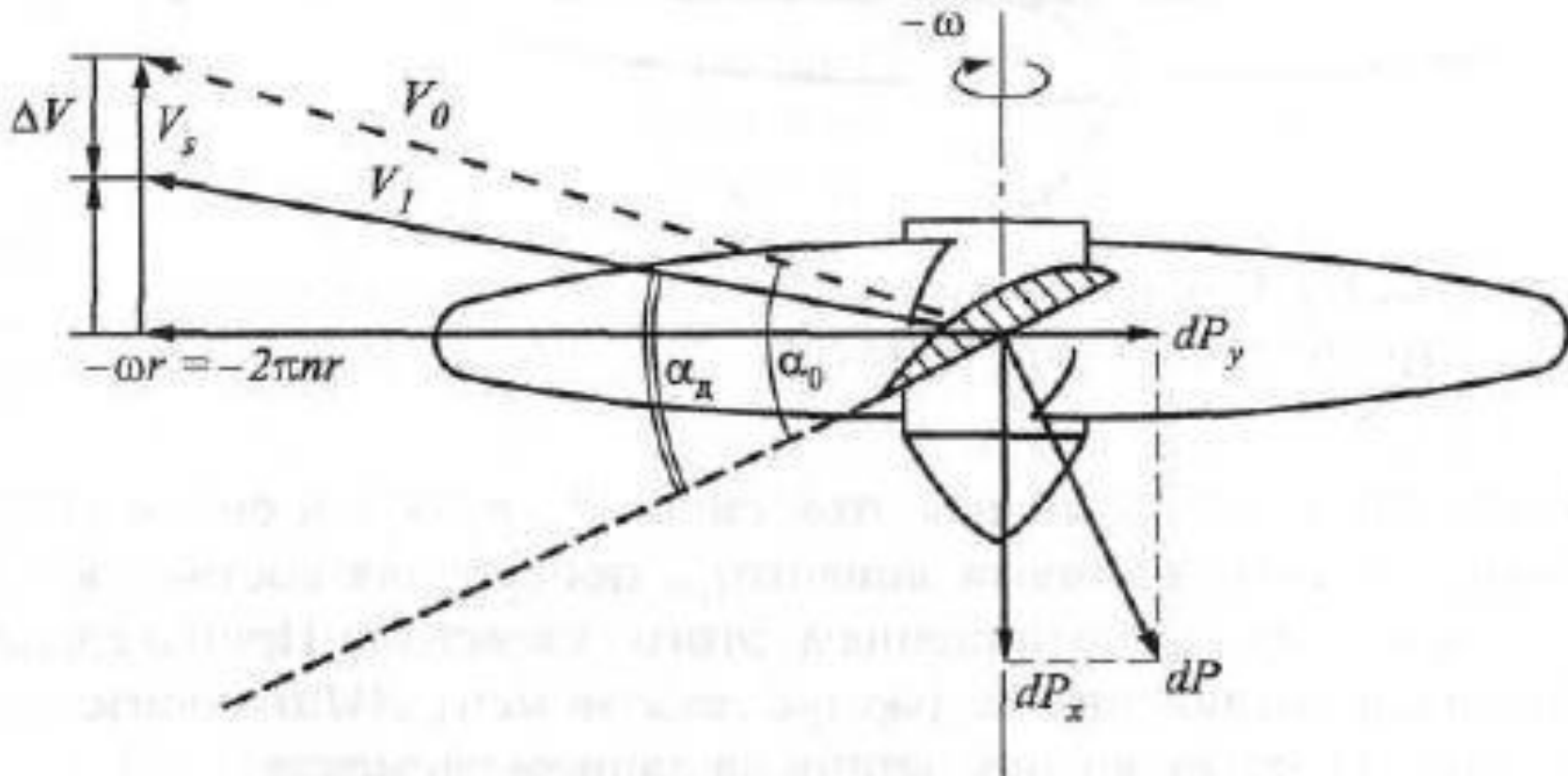


Рис. 1.10. Работа элемента лопасти вращающегося назад гребного винта при движении судна передним ходом

## Влияние боковых сил, связанных с попутным потоком, при работе гребного винта на задний ход

Если же на движущемся вперед судне винт работает назад, то угол атаки уменьшается (рис. 1.10), а, следовательно, уменьшается и сила лобового сопротивления  $dP_y$  на каждом элементе лопасти, причем в верхнем положении лопастей такое уменьшение выражено сильнее, чем в нижнем, так как в нижней части скорость попутного потока меньше. Из сказанного следует, что при работе винта назад результирующая горизонтальная сила лобового сопротивления лопастей будет направлена в сторону левого борта, т. е. так же, как и при работе винта вперед. Отметим, что при отсутствии хода вперед или при движении судна задним ходом попутный поток отсутствует, поэтому рассмотренная боковая сила в этих условиях не возникает. Таким образом, на судно с одним винтом правого вращения боковая сила, возникающая благодаря влиянию попутного потока, действует только при движении судна вперед и независимо от направления вращения винта стремится сместить корму в сторону левого борта.

## Влияние боковых сил, обусловленных реакцией воды

Кроме попутного потока, на работу винта оказывает влияние и близость поверхности воды, в связи с чем имеет место подсос воздуха к лопастям в верхней половине диска винта независимо от направления его вращения. При этом лопасти в верхнем положении при вращении испытывают меньшую силу реакции воды, чем в нижнем. Вследствие этого возникает результирующая сила реакции воды, всегда направленная в сторону вращения винта. На судно с винтом правого вращения сила реакции воды при работе винта вперед стремится сместить корму вправо, а при работе назад — влево. С уменьшением осадки кормой и, особенно, при частичном оголении винта боковая сила реакции возрастает.



## Влияние боковых сил, обусловленных действием набрасываемой струи

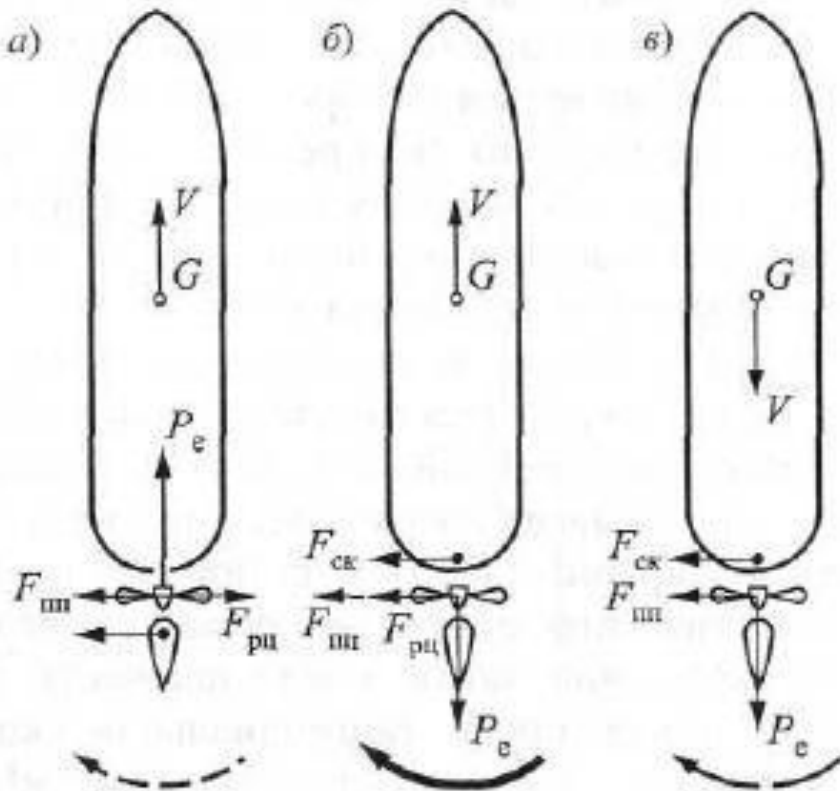
Для более полной оценки влияния боковых сил на поведение судна нужно еще учитывать взаимодействие винтовой струи с рулем и корпусом судна. Гребной винт при вращении вперед или назад не только отбрасывает поток воды в противоположную сторону, но также и закручивает его, т. е. придает потоку не только аксиальную, но и тангенциальную скорость. При этом независимо от направления вращения винта в верхней части диска за счет влияния близкой поверхности тангенциальная скорость потока меньше, чем в нижней.

При работе винта правого вращения на передний ход закручивание потока приводит к косому натеканию воды на руль. Скос потока в верхней половине струи направлен вправо, а в нижней — влево. При этом скос потока в нижней части благодаря повышенной тангенциальной скорости больше, чем в верхней. Следовательно, и сила воздействия струи на единицу площади руля внизу больше. Если площадь пера руля, попадающая в струю, распределяется поровну между верхней и нижней половинами струи, то на переложенный руль будет воздействовать результирующая сила набрасывания воды, стремящаяся сместить корму влево. Часто на современных судах рули имеют клиновидную форму и располагаются так, что в верхнюю половину струи попадает большая часть площади руля. В этом случае результирующая сила набрасывания струи на переложенный руль может частично или полностью компенсироваться.

## Влияние боковых сил, обусловленных действием набрасываемой струи

При вращении винта назад закрученный поток воды набрасывается на кормовую часть судна. При этом благодаря закручиванию потока против часовой стрелки с правого борта под кормовым подзором создается повышенное давление воды, а с левого борта — пониженное. В связи с перепадом давления результирующая сила — сила набрасывания струи на корпус всегда направлена влево, т. е. стремится развернуть корму в сторону левого борта.

# Суммарное влияние боковых сил, обусловленных работой гребного винта



**Рис. 1.11.** Действие боковых сил, связанных с работой винта:

- а) судно движется вперед, винт вращается вперед;
- б) судно движется вперед, винт вращается назад;
- в) судно движется назад, винт вращается назад

На рис. 1.11 показаны направления боковых сил, приложенных к кормовой части при различных сочетаниях направлений движения судна и вращения гребного винта, с использованием следующих обозначений:  $F_{шт}$  — сила, связанная с действием попутного потока;  $F_{рц}$  — сила реакции воды;  $F_{ск}$  — сила винтовой струи, набрасываемой на руль;  $F_{ск}$  — сила винтовой струи, набрасываемой на корпус.

Для каждого из приведенных на рисунке случаев стрелками показаны направление и степень тенденции разворота кормы (прерывистая стрелка — слабая или неустойчивая, тонкая стрелка — четко выраженная, жирная стрелка — сильно выраженная тенденция).

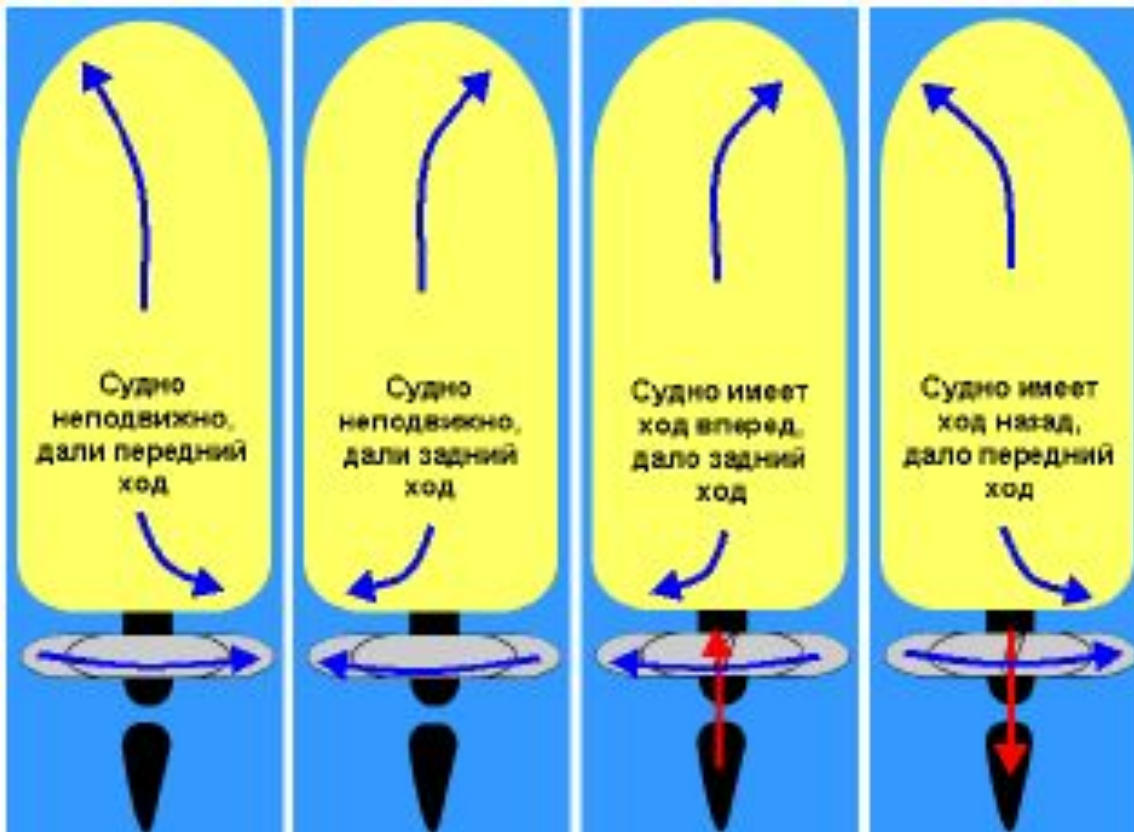


# Влияние гребного винта и руля на управляемость судна

- Рассмотрим качественную сторону этого влияния при совместной работе винта и руля при различных ходах и положениях пера руля.
- **Судно неподвижно относительно воды.** Перо руля находится в диаметральной плоскости. Как только машине будет дан ход вперед и винт начнет вращаться, нос судна вначале будет незначительно уклоняться влево. Объяснить это можно тем, что при малых оборотах винт своими развернутыми лопастями как бы загребают воду и забрасывает корму вправо, а нос идет влево.
- По мере увеличения оборотов винта нос судна установится на первоначальный курс и затем уклонится вправо. Происходит это потому, что при работе винт набрасывает воду на перо руля, причем струя воды, набрасываемая винтом на нижнюю часть руля, создает гидродинамическое давление, которое уклоняет корму влево, а нос — вправо. Следовательно, при работе винта правого шага вперед, при положении «прямо руль», нос судна в конечном итоге уклоняется в сторону вращения винта.
- **Судно имеет ход вперед, винт работает назад.** Руль прямо. Винт одновинтового судна, начавший вращаться на задний ход, своими развернутыми лопастями как бы загребают воду с левой стороны, обтекает правый борт и, оказывая на него давление, заставляет корму разворачиваться влево, а нос — вправо.
- **Судно имеет ход назад, винт работает назад.** До тех пор, пока судно не приобретет достаточную скорость заднего хода, положение пера руля на поворотливость судна влияния не оказывает. Как отмечалось ранее, на поведение судна оказывает влияние струя воды от винта, направленная в правую часть обводов корпуса, вследствие чего нос судна идет вправо. Как только судно разовьет определенную скорость заднего хода и перо руля будет находиться в массе встречного потока воды, образованного движением судна, положение пера может заставить судно пойти кормой в сторону переложеного руля. В этом случае на руль будут действовать две силы: сила встречной воды, возникающая от движения судна назад, и сила всасываемой струи, порождаемая засасывающим действием винта при его работе на задний ход. Одновинтовые суда слушаются руля на заднем ходу лучше, когда винт не работает и судно движется назад с наибольшей скоростью. Однако рассчитывать на непогрешимость работы руля одновинтового судна на заднем ходу (особенно для поворота носа судна влево) можно только в штилевую погоду при достаточной осадке.

# Влияние гребного винта и руля на управляемость судна

- **Судно имеет ход назад, винт работает вперед.** При положении «прямо руль» нос судна может уклоняться или вправо, или влево (обычно вправо).
- При положении «право на борт» нос судна уклоняется вправо. При положении «лево на борт» нос судна уклоняется влево. Струя воды от гребного винта создает гидродинамическое давление на перо руля значительно большей силы, чем от встречного потока при движении судна назад.
- Из всего сказанного можно сделать следующий вывод, что судно,двигающееся передним или задним ходом, круче и быстрее разворачивается в сторону шага винта.



Поведение одновинтового судна при работе гребного винта правого вращения

Поведение одновинтовых судов при комбинированной работе руля и винта правого вращения в штилевую погоду приведены в таблице ниже.

Состояние судна	Положение руля	Направление работы винта	Характер движения судна
Судно неподвижно относительно воды	Прямо	Вперед Назад	Нос судна незначительно отклонится влево, остановится и медленно покатится вправо Нос судна покатится вправо, а корма — влево
Судно имеет ход вперед	Прямо	Назад	Нос судна начнет разворачиваться вправо, а корма — влево
	Право на борт	Назад	Нос судна начнет разворачиваться влево, а корма — вправо
	Лево на борт	Назад	Угловая скорость разворота носа судна вправо начнет возрастать
Судно имеет ход назад	Прямо	Назад	Нос судна идет вправо
	Право на борт	Назад	» » » влево
	Лево на борт	Назад	» » » вправо
Судно имеет ход назад	Прямо	Вперед	Угловая скорость разворота носа судна вправо, начнет уменьшаться, но не станет равна нулю
	Право на борт	Вперед	Если нос судна до этого уклонялся влево, а корма — вправо, то угловая скорость разворота носа судна начнет уменьшаться, затем с прекращением хода будет равна нулю, с началом движения вперед нос судна начнет уклоняться вправо. Если нос судна раньше уклонялся вправо, то с началом работы винта на передний ход угловая скорость разворота вправо начнет увеличиваться
	Лево на борт	Вперед	Если до этого нос судна уклонялся влево, а корма — вправо, то угловая скорость разворота носа влево возрастет. Если до начала работы винта нос судна уклонялся вправо, то угловая скорость разворота вправо уменьшится, а с прекращением хода назад станет равна нулю. С началом движения вперед нос судна пойдет влево



# Влияние гребного винта регулируемого шага (ВРШ)

## и руля на управляемость судна

Винт регулируемого шага — это гребной винт, у которого регулируется угол разворота лопастей. Лопастей такого винта разворачиваются специальным механизмом в любое положение в диапазоне «полный вперед — стоп—полный назад», т. е. в зависимости от степени разворота лопастей, не изменяя работы главного двигателя, судну можно придать или движение вперед, или остановиться на месте, или создать движение назад.

При эксплуатации всех видов ВРШ применяется принципиально одинаковая система управления. Гидравлическая система управления ВРШ дает возможность широко использовать в качестве главного двигателя нереверсивные силовые установки (турбины, дизели большой мощности и т. д.).

Внедрение ВРШ на судах позволяет улучшить маневренные качества судов. К ним в первую очередь относится уменьшение тормозного пути (за счет быстрого перевода лопастей винта на режим работы заднего хода) и периода торможения. Гашение инерции начинается почти немедленно после дачи команды «Полный назад» (отдельные суда с полного хода останавливаются за 1 минуту при тормозном пути 1–1,5 корпуса). На судах с ВРШ облегчается выполнение многих видов маневров при съёмке с якоря и постановке на якорь, при швартовке судна к причалу и лагом к другому судну, при расхождении судов для предотвращения столкновений и т. д. Для выяснения влияния ВРШ на управляемость судна рассмотрим различные режимы его работы.

**Судно неподвижно относительно воды.** Руль прямо. При даче переднего хода корма уклоняется влево, а нос идет вправо. При переключке руля вправо или влево судно будет уклоняться в сторону переложеного руля. С разворотом лопастей в диапазоне переднего хода меняется сила попутного потока и сила набрасываемой струи от винта на руль, в результате чего будет изменяться скорость движения судна вперед, а следовательно, и управляемость.

**Судно имеет ход вперед, винт работает назад.** Руль прямо. Струя от винта (вращающегося в прежнюю сторону, но имеющего повернутые лопасти, соответствующие заднему ходу) будет действовать не в правый подзор, как у фиксированного винта, а в левый, уклоняя корму вправо, а нос — влево. Уклонение кормы вправо будет увеличиваться еще за счет того, что сила набрасываемого спирального потока начнет действовать на перо руля и кормовой подзор слева. Дополнительно сила попутного потока будет воздействовать на винт, уклоняя также корму вправо. Под суммарным воздействием этих сил корма резко пойдет вправо, а нос — влево.

**Судно имеет ход назад, винт работает назад.** При установившемся движении судна назад и положенном прямо руле на поведение судна оказывает влияние струя воды от винта ВРШ, которая действует в левый подзор, отклоняя постоянно корму вправо.

**Судно имеет ход назад, винт работает вперед.** При переходе с заднего хода на передний (реверс ВРШ) основное влияние на судно будет оказывать струя от винта, набрасываемая на руль справа, в результате корма пойдет влево, а нос — вправо. При переключке руля влево или вправо нос судна всегда будет уклоняться в сторону переложеного руля.

Анализ эксплуатационной деятельности судов с ВРШ показывает значительные преимущества их перед судами с фиксированными винтами, так как ВРШ:

- дает возможность изменять направление движения судна без изменения направления вращения винта, что важно при нереверсивных двигателях;
- позволяет применять дистанционное управление ходами с мостика;
- дает возможность сократить время на реверс судна до 30 %;
- увеличивает моторесурс дизельных установок уменьшением числа реверсов двигателя;
- дает возможность использовать при торможении полную мощность двигателя на заднем ходу.

# Влияние гребного винта и руля на управляемость одновинтового судна

## ВЫВОД:

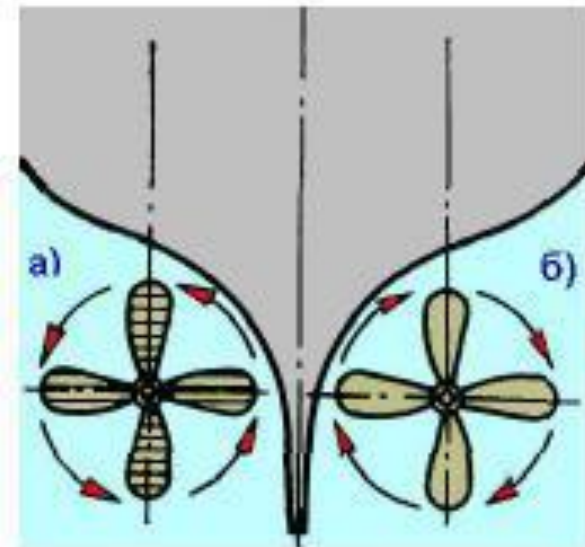
1. При вращении **винта вперед** судно **слушается руля**. Действие боковых сил винта легко преодолевается действием руля.
2. При вращении **винта назад** судно **не слушается руля**. Нос судна отклоняется в сторону направления вращения винта при движении назад (при винте правого вращения – вправо, при винте левого вращения – влево).

# Управление двухвинтовыми судами

Двухвинтовые суда имеют лучшие маневренные качества, чем одновинтовые. Достаточно отметить, что их можно развернуть на месте, работая машинами в разные стороны «враздрай». Такая возможность очень важна для пассажирских лайнеров, заходящих в стесненные порты, ледоколов, буксиров, плавкранов и т.д. Лучшая маневренность достигается тем, что каждый из винтов отнесен на некоторое расстояние от диаметральной плоскости, благодаря чему появляется разворачивающий момент, обеспечивающий поворот судна, даже без руля, в ту или иную сторону. Двухвинтовые суда обладают тем большей поворотливостью, чем меньше их длина и чем шире разнесены их винты.

При работе обоих винтов на передний или задний ходы судно хорошо слушается руля. В отличие от одновинтового судна, двухвинтовое при работающих обоих винтах разного шага на задний или передний ход при положении руля «прямо» будет двигаться по прямому направлению, не уклоняясь в стороны. На двухвинтовом судне, как правило, устанавливают винты разного шага: на правом борту — винт правого шага (правого вращения), а на левом — левого.

К недостаткам двухвинтовых судов следует отнести пониженную эффективность расположенного в диаметральной плоскости руля. Поэтому на малых скоростях, когда основная часть силы, возникающей на руле при его перекладке, создается за счет струи воды, набрасываемой винтом на руль, главным способом управления является маневр машинами.



Винты двухвинтового судна:  
а) – левого шага; б) – правого шага

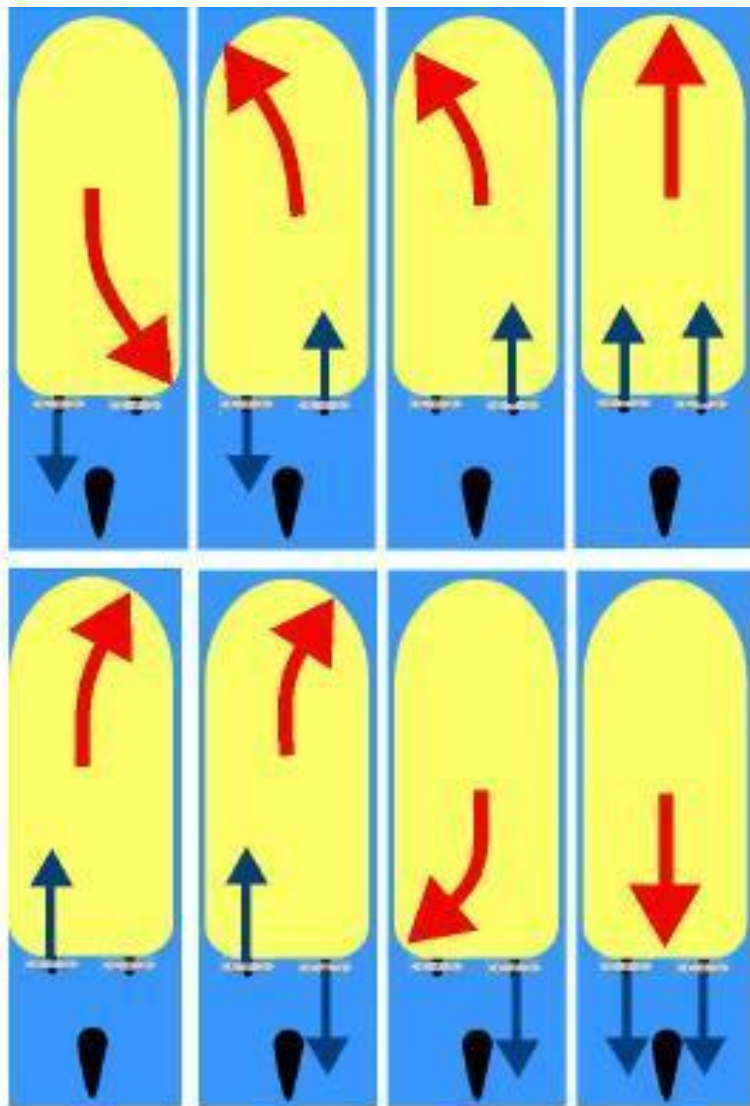


# Управление двухвинтовыми судами

Анализ маневрирования двухвинтовыми судами позволяет сделать следующие выводы:

- диаметр циркуляции у двухвинтовых судов с винтами разного шага одинаков на оба борта, а **наименьший** — при работе винтов «враздрай»;
- **двухвинтовое судно** с помощью машин можно **развернуть на месте**, что очень важно в стесненной акватории. Это положение справедливо для судов, имеющих достаточно мощные двигатели и значительный разнос винтов от диаметральной плоскости судна;
- **тормозной путь и время торможения** двухвинтового судна будут **меньше**, а при работе машин на задний ход (при винтах разного шага) **судно не уклоняется с курса**, что очень важно при следовании в узкостях и каналах;
- **малая осадка, малый разнос винтов, слабые двигатели и большие их обороты снижают** маневренные качества двухвинтовых судов.

## Управление двухвинтовыми судами



Поведение двухвинтового судна при различных режимах работы винтов

**Трехвинтовые** суда объединяют в себе маневренные свойства одно- и двухвинтовых судов. Благодаря наличию трех винтов судно может в широких пределах менять циркуляцию и даже разворачиваться на месте. Быстрый разворот получается, если средняя машина будет работать вперед, а бортовые машины — "враздрай" при руле, положенном на соответствующий повороту борт.

# Управляемость одновинтового судна на заднем ходу

Управляемость судна на заднем ходу, как уже отмечалось в предыдущем параграфе, значительно хуже, чем на переднем. Основными причинами этого являются особенности условий работы руля и корпуса при движении задним ходом.

Рассмотрим эти особенности.

При движении судна назад с переложенным рулем набегающий поток воды создает поперечную силу на руле  $P_{py}$ , направленную в сторону того борта, на какой переложен руль. На рис. 1.12 показано направление этой силы при руле, переложеном влево.

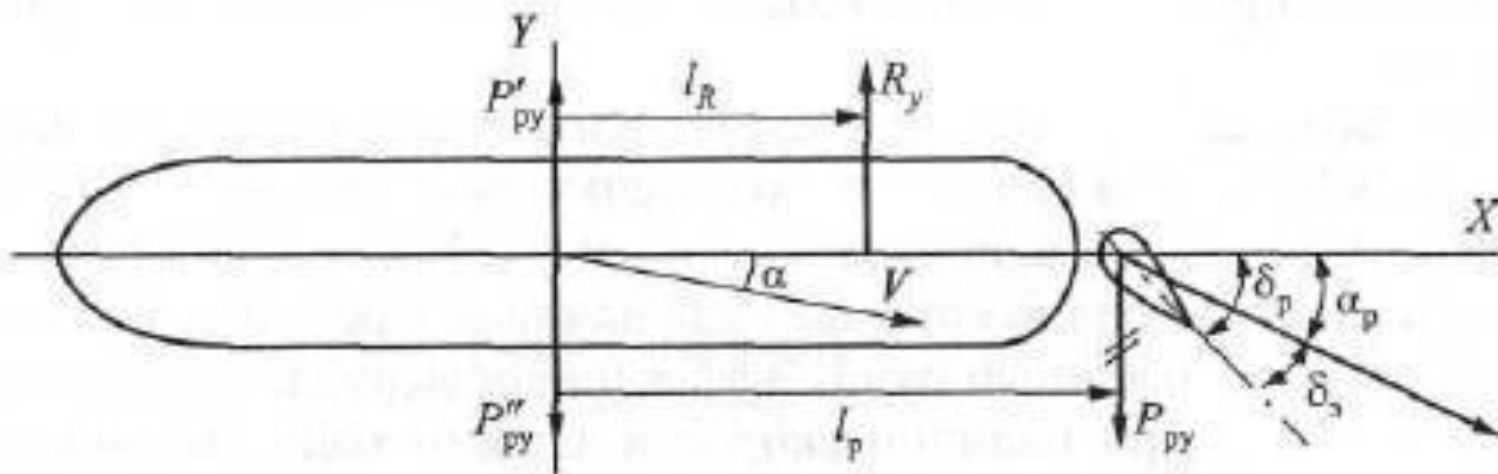




Рис. 1.12. Управляемость на заднем ходу





Для объяснения возникающих при этом явлений приложим в центре тяжести  $G$  (см. рис. 1.12) две силы, равные по величине силе  $P_{ру}$  и направленные в противоположные стороны (такие силы ничего не изменяют, так как взаимно компенсируют друг друга). Одна из этих сил вместе с силой на руле  $P_{ру}$  образует пару сил с моментом  $P_{ру}l_p$ , стремящимся повернуть судно вокруг вертикальной оси, а другая сила, оставаясь нескомпенсированной, вызывает поперечное смещение судна. При таком смещении возникает угол дрейфа  $\alpha$ , благодаря которому на корпусе возникает поперечная гидродинамическая сила  $R_y$ , точка приложения которой смещена от центра тяжести в сторону кормы на величину  $l_R$ . Момент этой силы  $R_y l_R$  препятствует повороту судна в сторону перекладки руля. Если на переднем ходу момент поперечной гидродинамической силы в начале поворота имеет одинаковый знак с моментом руля и, следовательно, способствует повороту (см. рис. 1.5), то на заднем ходу этот момент препятствует повороту.



# Влияние гребного винта и руля на управляемость судна

## Контрольные вопросы.

1. Каково основное назначение гребных винтов?
2. Что такое пропульсивный коэффициент?
3. Что такое винт правого вращения?
4. Что такое винт левого вращения?
5. Какие бывают поперечные силы, обусловленные работой винта?
6. Что такое поперечная сила, связанная с попутным потоком?
7. Куда направлена поперечная сила, связанная с попутным потоком, на судне с винтом правого вращения при работе винта на задний ход?
8. Что такое поперечная сила, обусловленная реакцией воды и куда она направлена на судне с винтом правого вращения при работе винта на задний ход?
9. Что такое поперечная сила, обусловленная набрасываемой струей и куда она направлена на судне с винтом правого вращения при работе винта на задний ход?
10. Куда направлена суммарная поперечная сила на судне с винтом правого вращения при работе винта на задний ход?
11. Чем отличается действие суммарной боковой силы винта на судне с ВРШ от такого же действия на судне с ВФШ?
12. Сделайте основной вывод о влиянии гребного винта и руля на управляемость одновинтового судна.
13. Каковы основные достоинства двухвинтового судна сравнительно одновинтового?
14. Сделайте основной вывод об управляемости одновинтового судна на заднем ходу.

## Используемая литература.

1. Демин С.И. Управление судном/Демин С.И., Жуков Е.И. и др. – М. :Транспорт, 1991. -359 с.
2. Шарлай Г.Н. Управление морским судном./ Шарлай Г.Н. - Владивосток. : Мор. Гос.ун-т, 2009. -503 с.

Подготовил

Доцент кафедры УС и БЖД на море ХМГА

К.Д.П., К.Т.Н.

Товстокорый О.Н.