

ВЛИЯНИЕ НА ПОВОРОТЛИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

- геометрические параметры судна
- начальная скорость
- направление поворота
- мелководье
- течение
- ветер

Начальная скорость

определяет время, затрачиваемое на манёвр.

на геометрические размеры циркуляции существенно не влияет (*при неизменной мощности работающего двигателя*).

Направление поворота

для многих судов циркуляции влево и вправо отличаются (*за счет влияния винта*).

Одновинтовые суда с винтом правого шага поворачиваются вправо несколько лучше, чем влево.

Мелководье

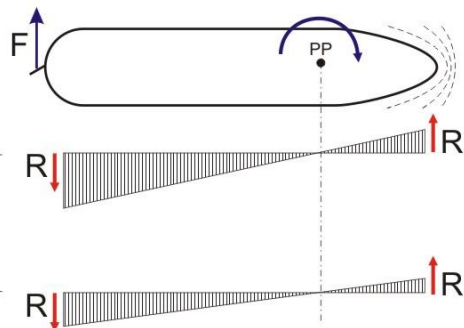
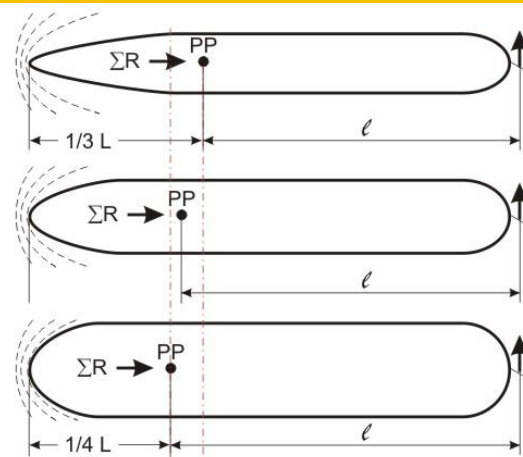
за счет увеличения инерционных сил и уменьшения эффективности работы пера руля

существенно увеличивает геометрические размеры циркуляции

Влияние на управляемость геометрических параметров судна

Увеличение отношения L/B приводит к ухудшению поворотливости и увеличению устойчивости на курсе.

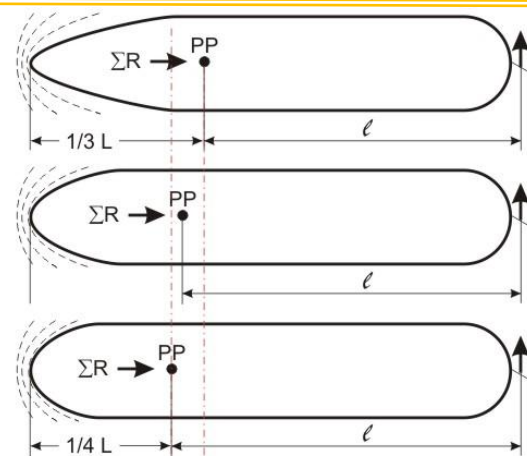
Центр вращения более узких судов находится ближе к середине, что уменьшает плечо поперечной силы на перере руля.



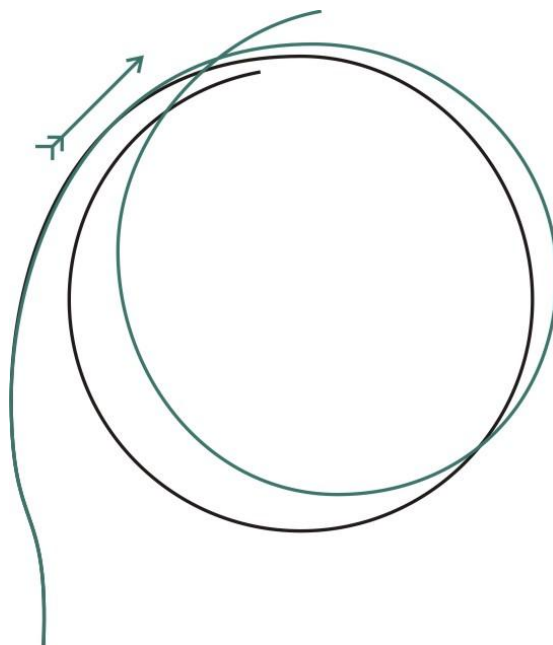
Уменьшение отношения B/d (например, увеличение осадки), ведет к ухудшению поворотливости, повышая устойчивость на курсе.

Увеличение коэффициента общей полноты C_v приводит к смещению центра сопротивления в нос.

Суда с более полными обводами более поворотливы, но менее устойчивы на курсе.



Влияние на циркуляцию течения

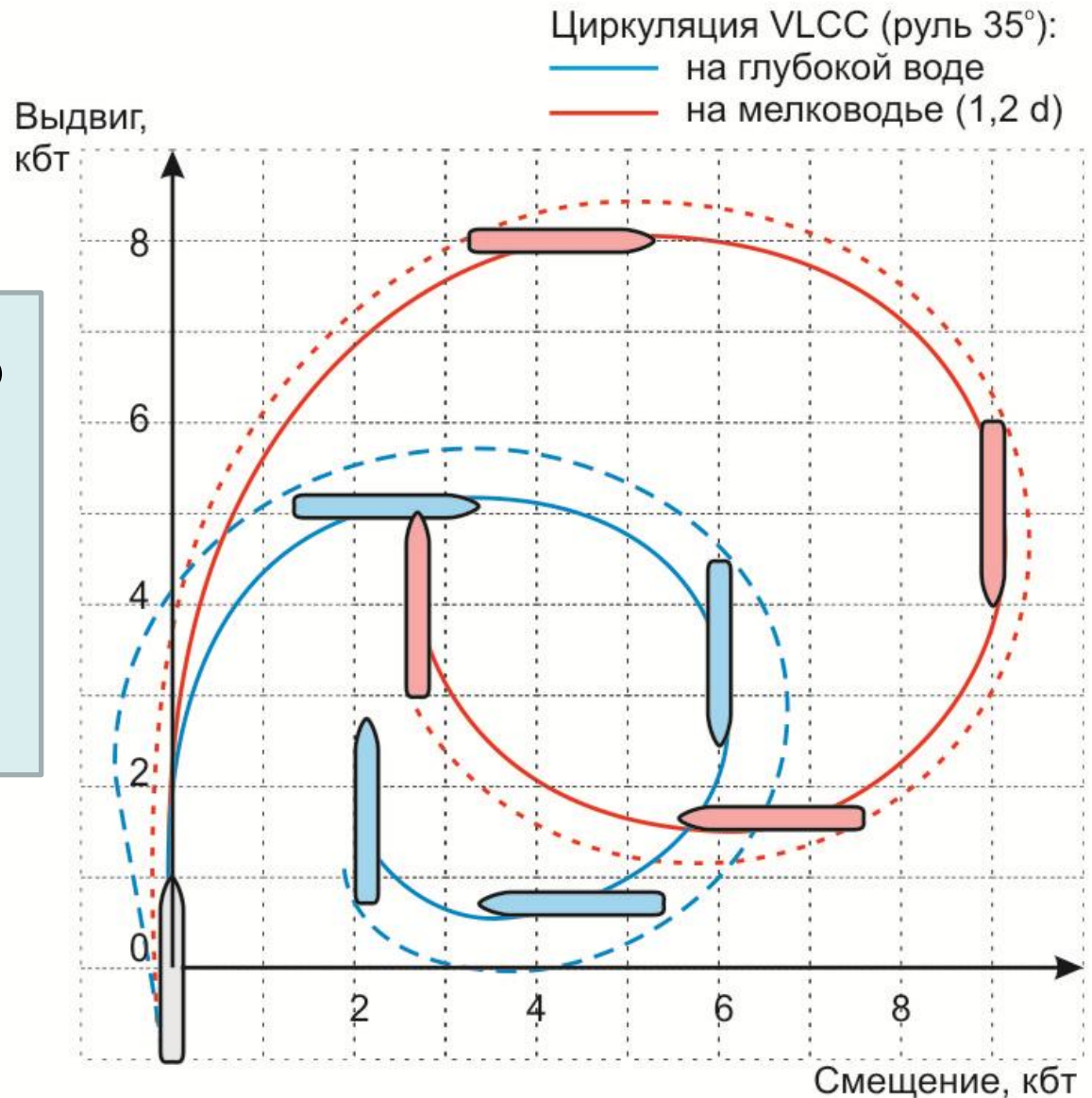


Течение не влияет на траекторию судна относительно воды, но совершая постоянный перенос судна в одном направлении, превращает траекторию относительно грунта в «смятую спираль».

Влияние на циркуляцию мелководья

Для крупнотоннажных судов тактический диаметр циркуляции на мелководье может до 60% превышать диаметр на глубокой воде.

Кроме того, наблюдается более медленное падение скорости.

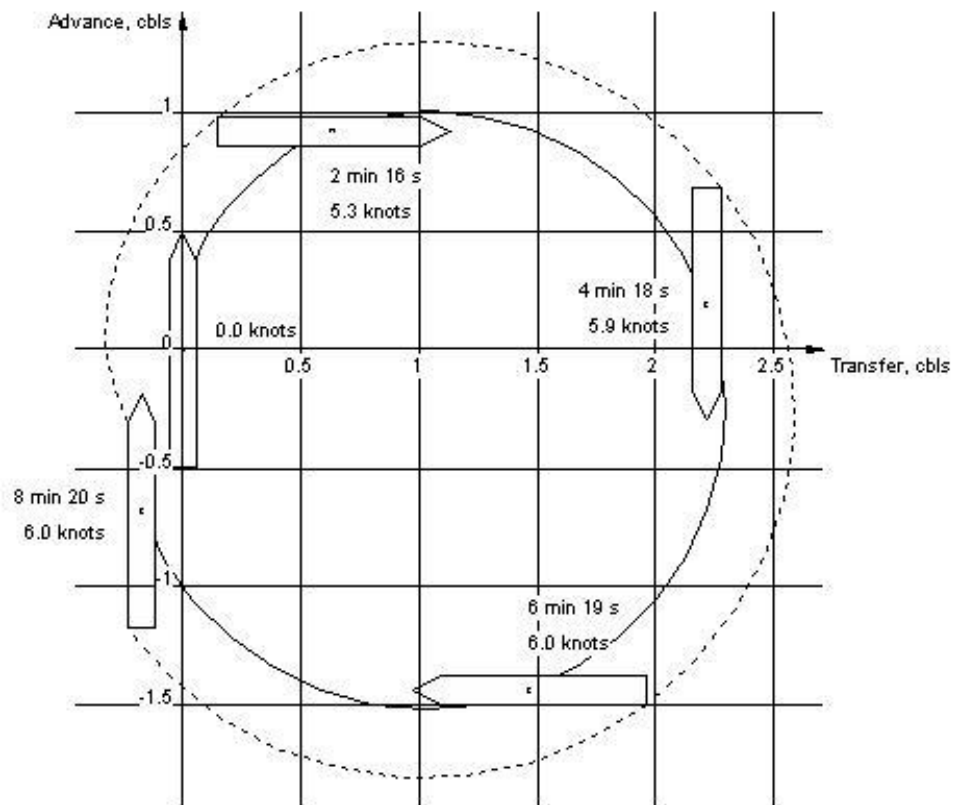


Циркуляция в режиме СТОП - ППХ

В начальный момент движение вперед отсутствует, следовательно, центр вращения (ЦВ) судна находится в ЦТ.

Появившаяся на пере руля боковая сила существенно превышает силу сопротивления вращению, отчего судно сразу начинает движение с большим углом дрейфа.

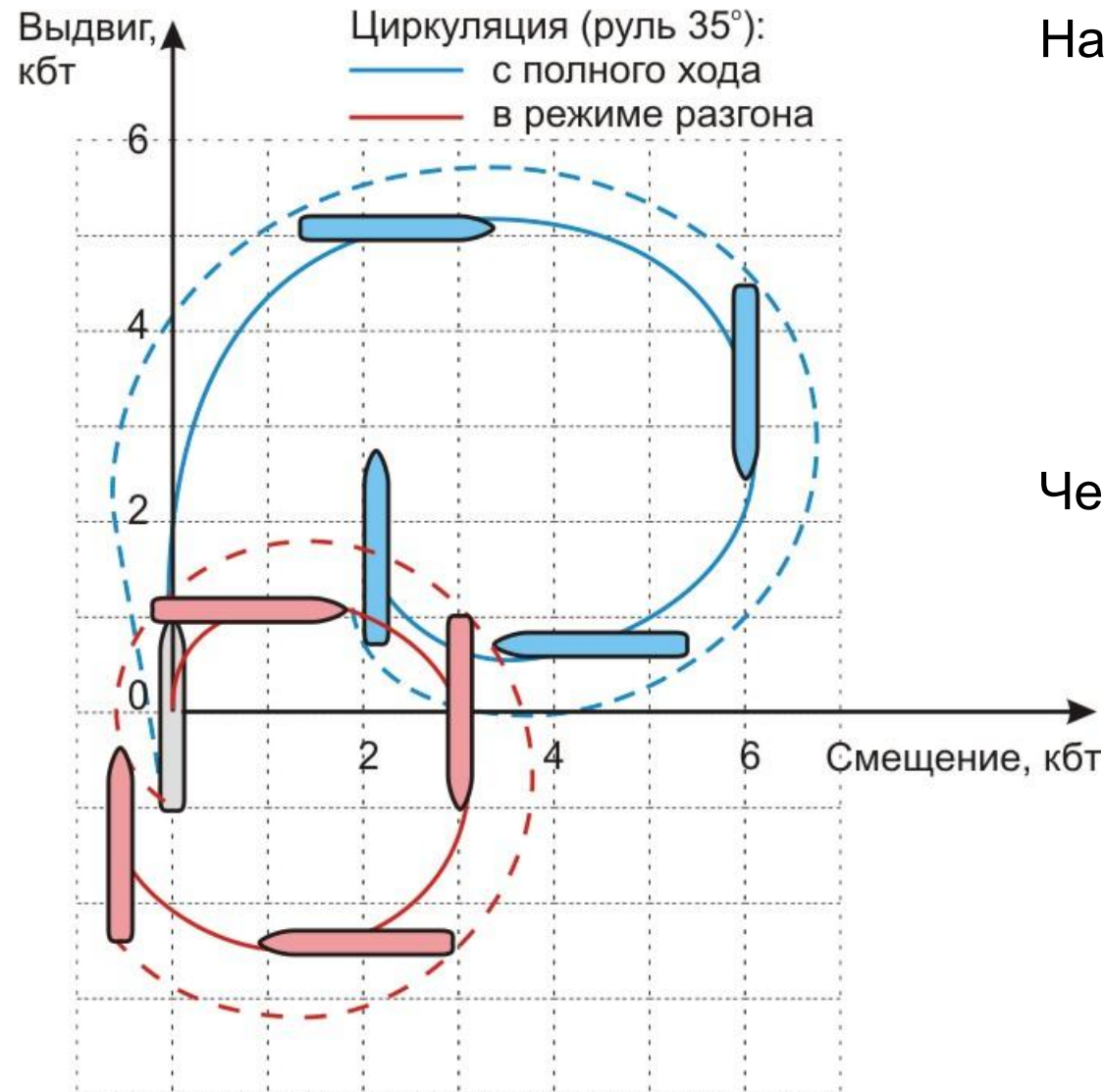
По мере роста скорости ЦВ перемещается вперед; угол дрейфа уменьшается; радиус траектории увеличивается



Траектория движения представляет собой расходящуюся спираль, переходящую в окружность.

Различие траекторий циркуляции

В целом, диаметр циркуляции СТОП-ППХ заметно меньше, чем в режимах выхода на циркуляцию с хода ППХ-ПРАВО (ЛЕВО) НА БОРТ .



На примере VLCC (**Very Large Crude Carrier**) видно, что основные параметры (*выдвиг* и *тактический диаметр*) требующейся для маневра акватории в режиме разгона существенно меньше.

Чем больше водоизмещение судна, тем больше эти различия.

Влияние крена на управляемость

Корпус судна при наличии крена ведет себя как крыло:

ватерлиния вошедшего в воду борта длиннее ватерлинии вышедшего, ➔

для огибания более длинного пути в потоке увеличивается скорость, а следовательно, падает давление; ➔

разница давления слева и справа создают поперечную силу; ➔

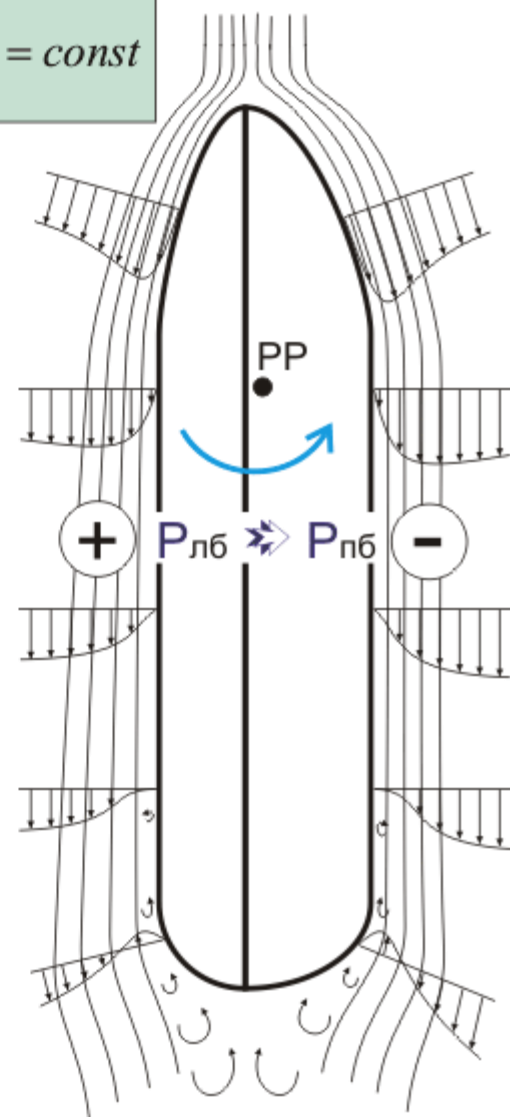
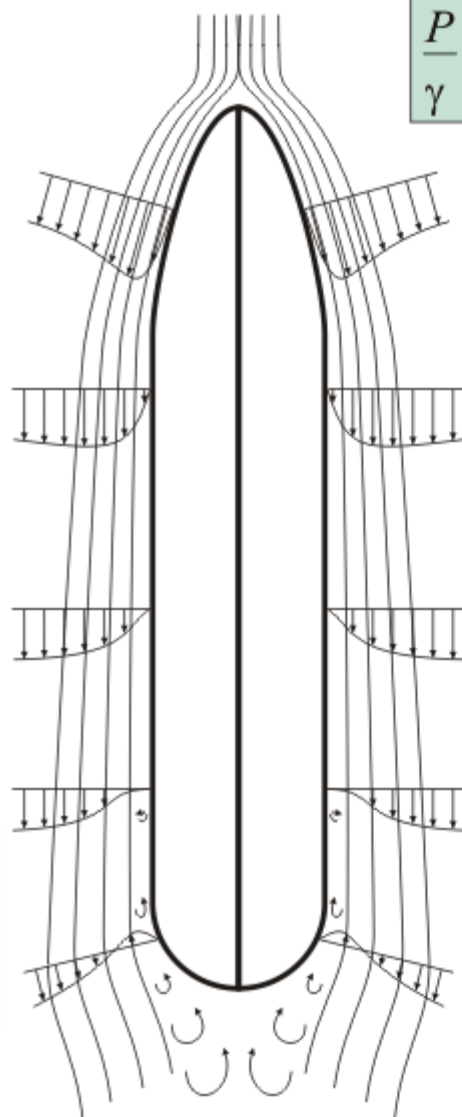
поперечная сила создает вращающий момент относительно центра вращения РР; ➔

судно стремится уклониться с курса в сторону, противоположную крену.

$$\begin{aligned} S_{\text{лб}} &= S_{\text{пб}} \quad \curvearrowright \\ V_{\text{лб}} &= V_{\text{пб}} \quad \curvearrowright \\ P_{\text{лб}} &= P_{\text{пб}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{лб}} &< S_{\text{пб}} \quad \curvearrowright \\ V_{\text{лб}} &< V_{\text{пб}} \quad \curvearrowright \\ P_{\text{лб}} &> P_{\text{пб}} \end{aligned}$$

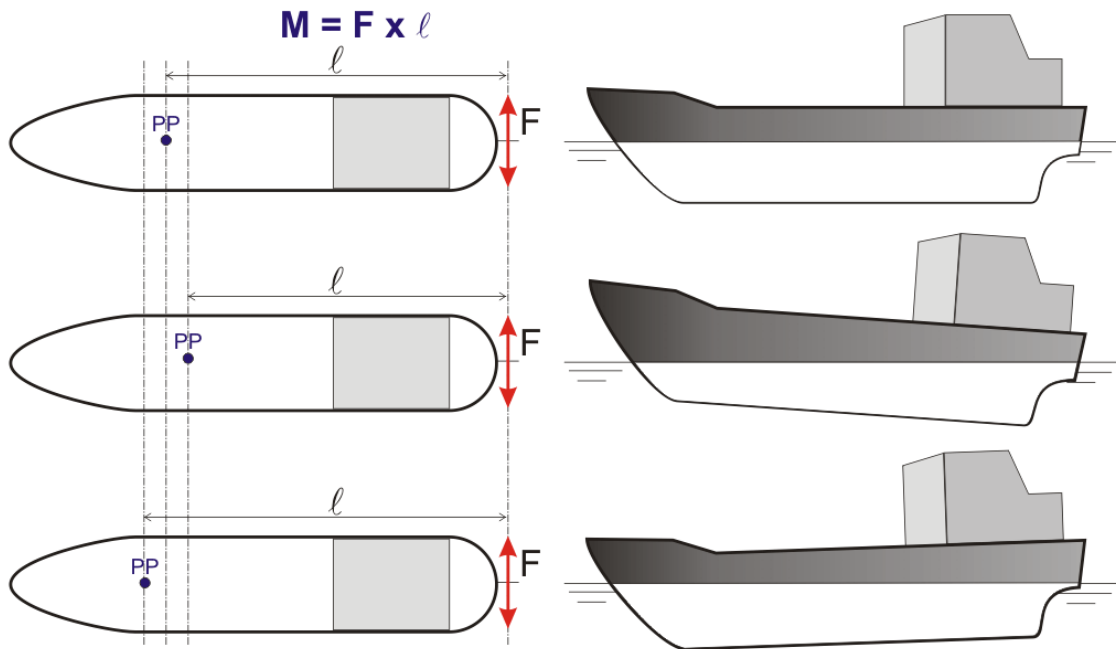
$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \text{const}$$



Влияние дифферента на управляемость

Изменение дифферента приводит к перемещению центра сопротивления и, следовательно, центра вращения **PP**.

Вращающий момент **M**, создаваемый пером руля, зависит от поперечной силы **F** на руле и плеча l до центра вращения.



Дифферент на корму
уменьшает управляемость, но
увеличивает устойчивость
на курсе.

*(однако оно становится более
рыскливым на волнении,
т.к. удары волн в носовой
подзор создают большой
вращающий момент.)*

Дифферент на нос
увеличивает управляемость,
но уменьшает устойчивость
на курсе.

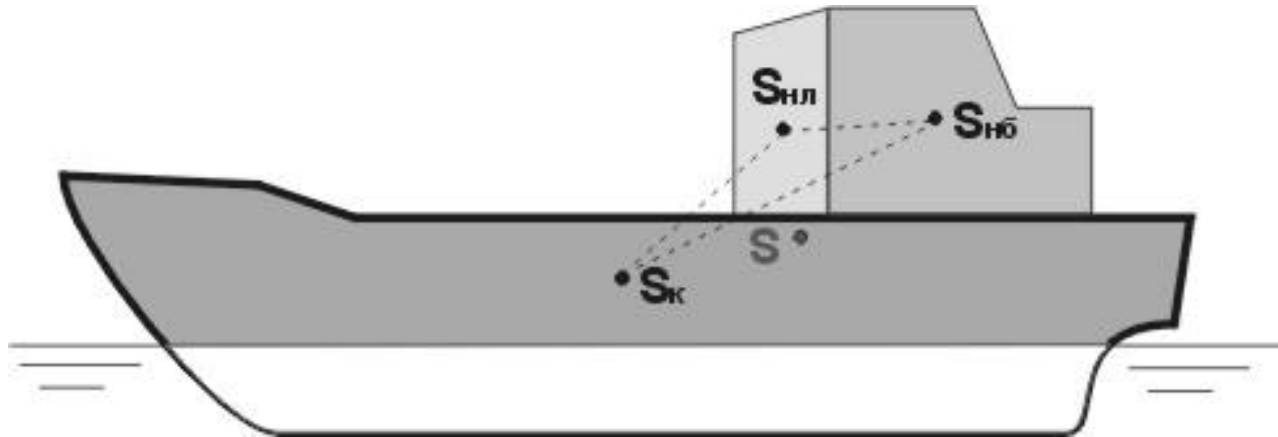
Влияние ветра на управляемость судна



Влияние внешней силы на поведение судна зависит не только от величины этой силы, но и от места её приложения.

ЦЕНТР ПАРУСНОСТИ

Центр парусности – точка равнодействия силы давления ветра на корпус



Каждый элемент конструкции, создающий сопротивление ветру, вносит свою долю в формирование центра давления ветра на судно.

Основными элементами конструкции, формирующими площадь парусности, являются: корпус, надстройки, рубки.

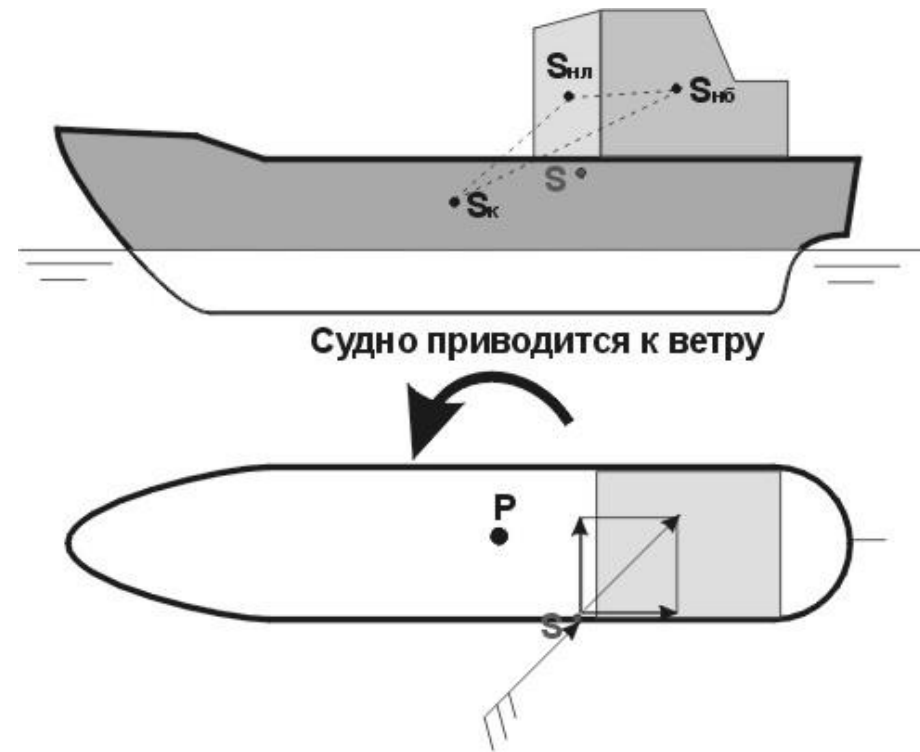
Суда с развитым рангоутом и такелажем должны учитывать сопротивление ветру, создаваемое этими элементами.

Влияние ветра на стоящее судно

Поведение судна под давлением ветра определяется взаимным расположением центра парусности и центра сопротивления движению.

Судно с кормовой надстройкой

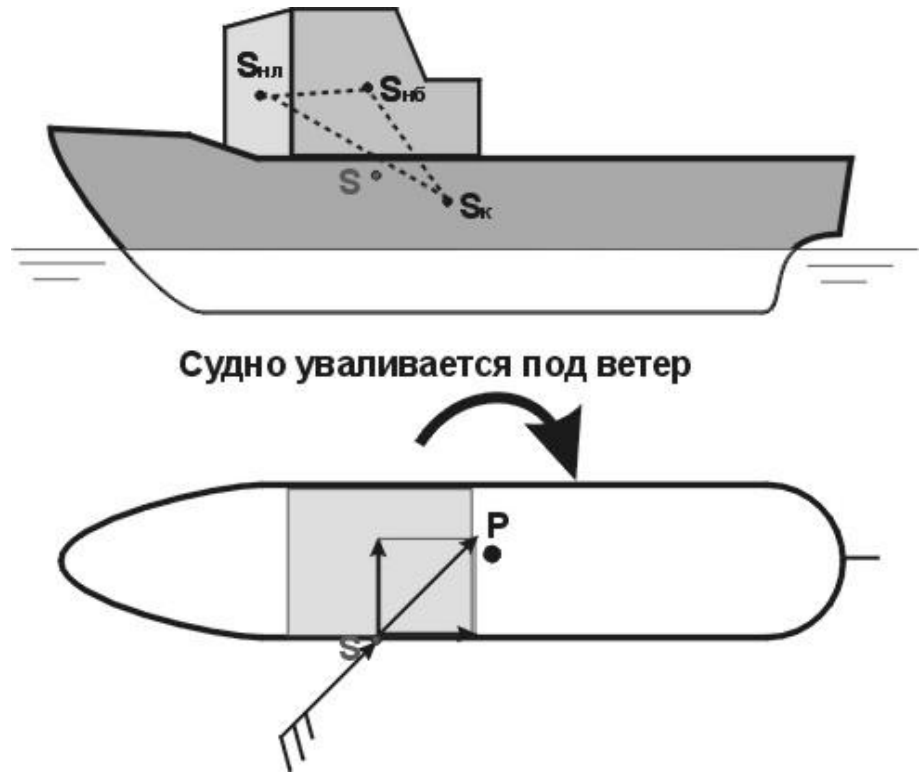
Кормовая надстройка смещает центр парусности \mathbf{S} в корму от центра вращения \mathbf{P} , что создает вращающий момент, приводящий судно к ветру.



Влияние ветра на стоящее судно

Судно с носовой надстройкой

Носовая надстройка смещает центр парусности S в нос от центра вращения P , что создает вращающий момент, уваливающий судно под ветер.

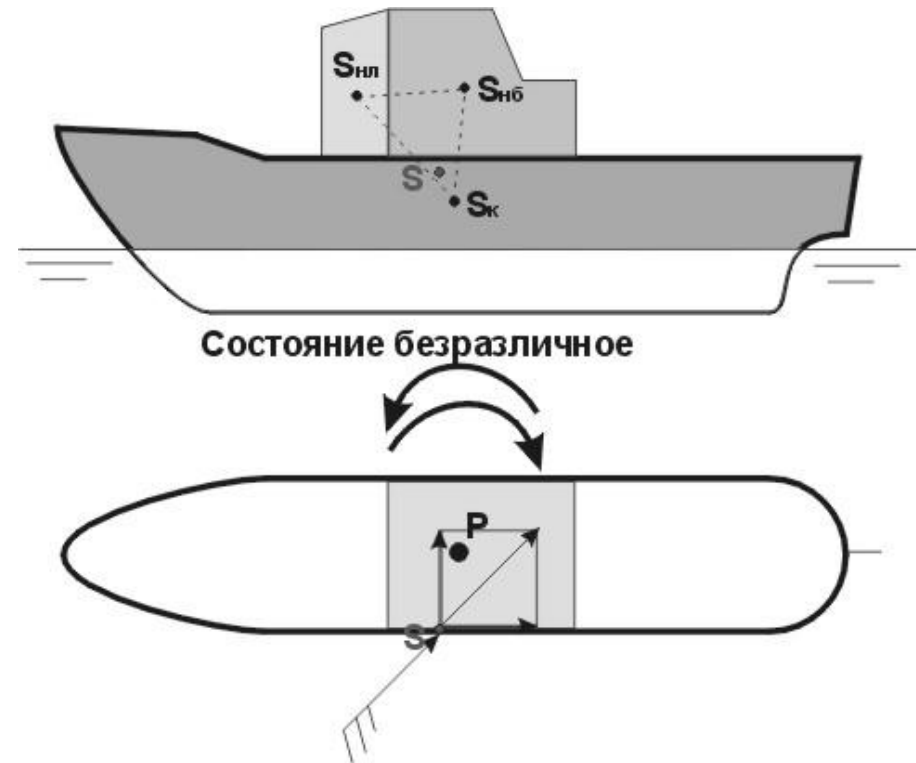


Влияние ветра на стоящее судно

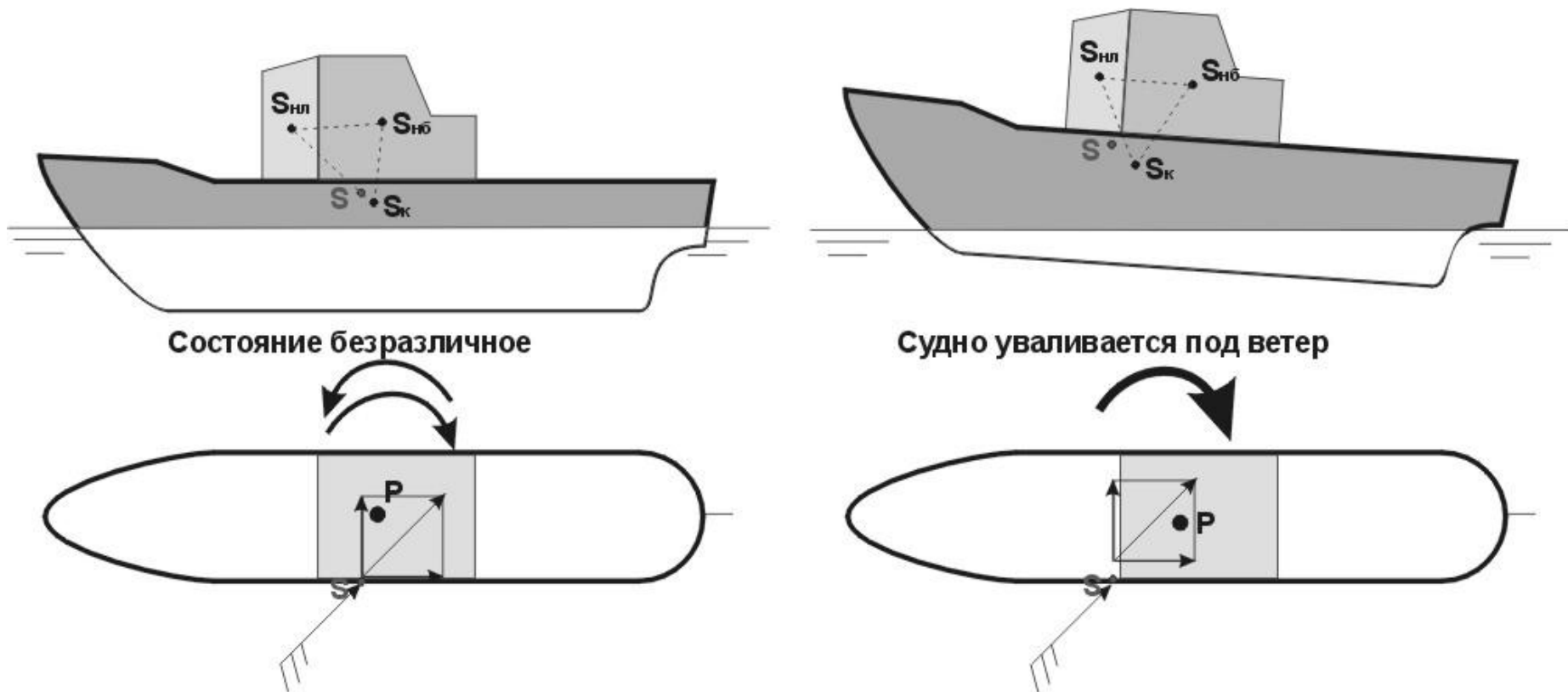
Судно с надстройкой в середине

Надстройка, расположенная в средней части, формирует центр парусности S вблизи центра вращения P , что делает вращающий момент небольшим по величине и неустойчивым по направлению.

Судно при этом может как уваливаться, так и приводиться.



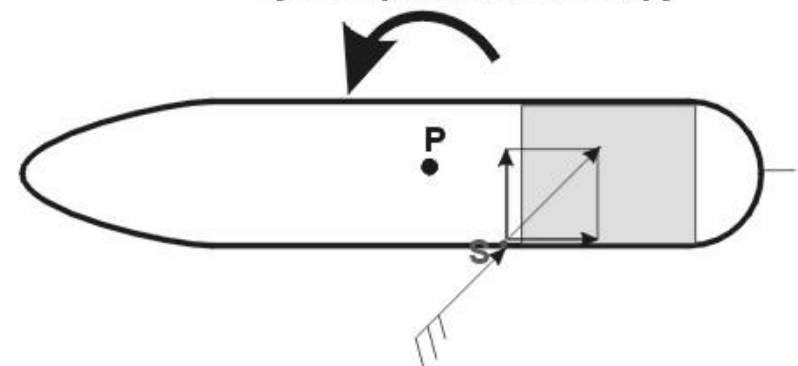
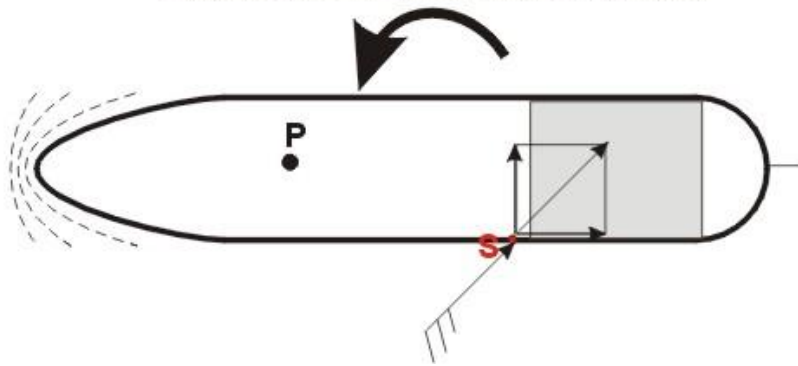
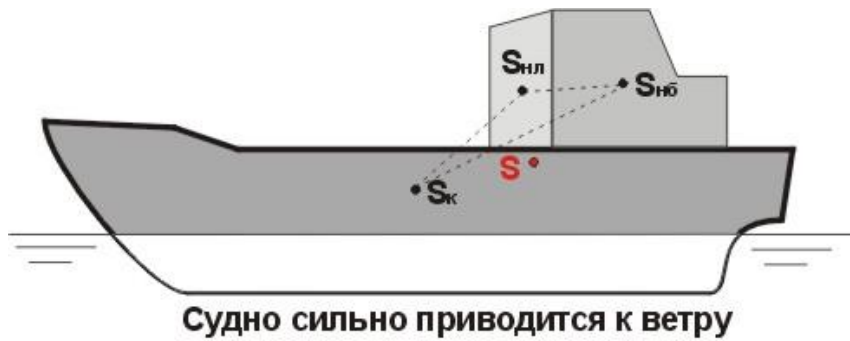
Влияние посадки судна на положение центра парусности



Изменение посадки меняет геометрию надводного борта, что смещает центр парусности.

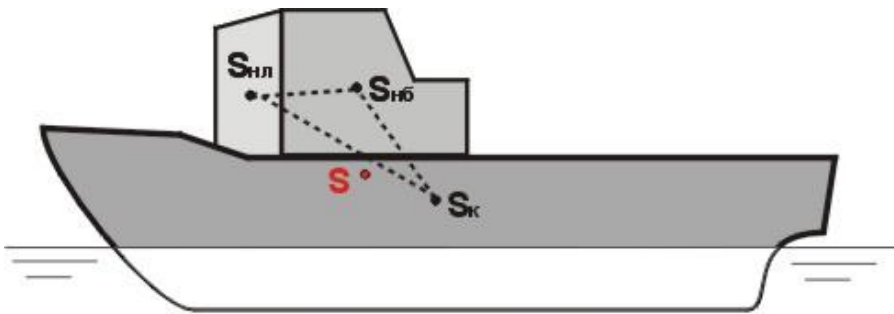
Например. Судно в балласте, как правило, в носовой части имеет маленькую осадку и более высокий надводный борт, что смещает центр парусности корпуса в сторону носа.

Влияние ветра на движущееся судно

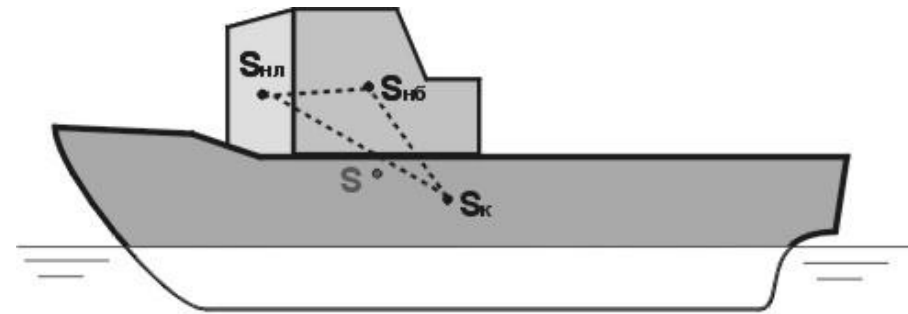
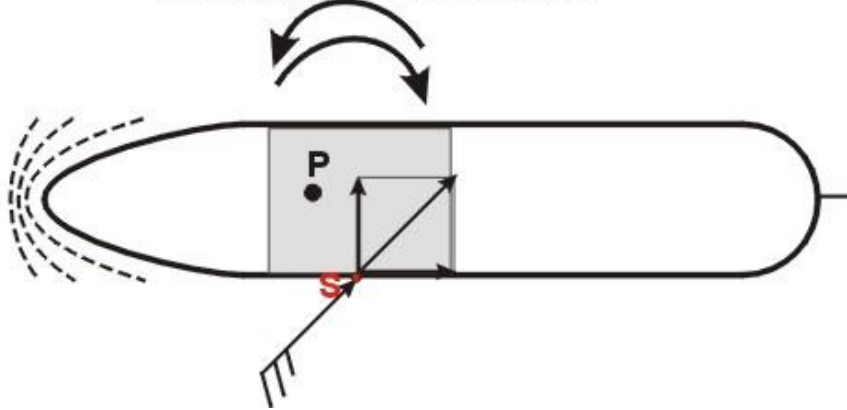


Смещение центра вращения вперед при движении судна увеличивает плечо между центром парусности S и центром вращения P , что усиливает вращающий момент, приводящий судно к ветру.

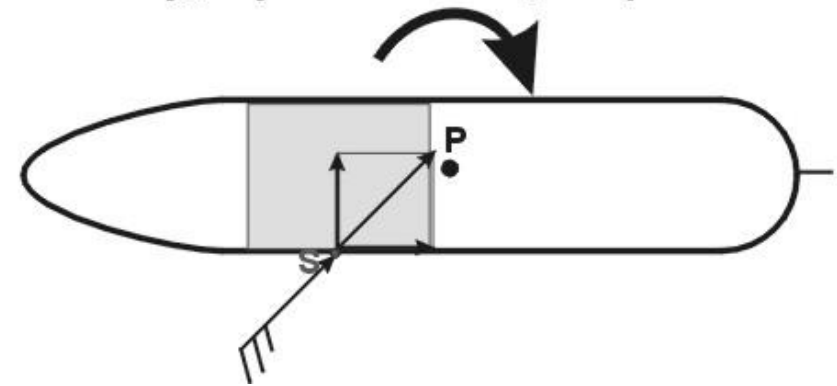
Влияние ветра на движущееся судно



Состояние безразличное



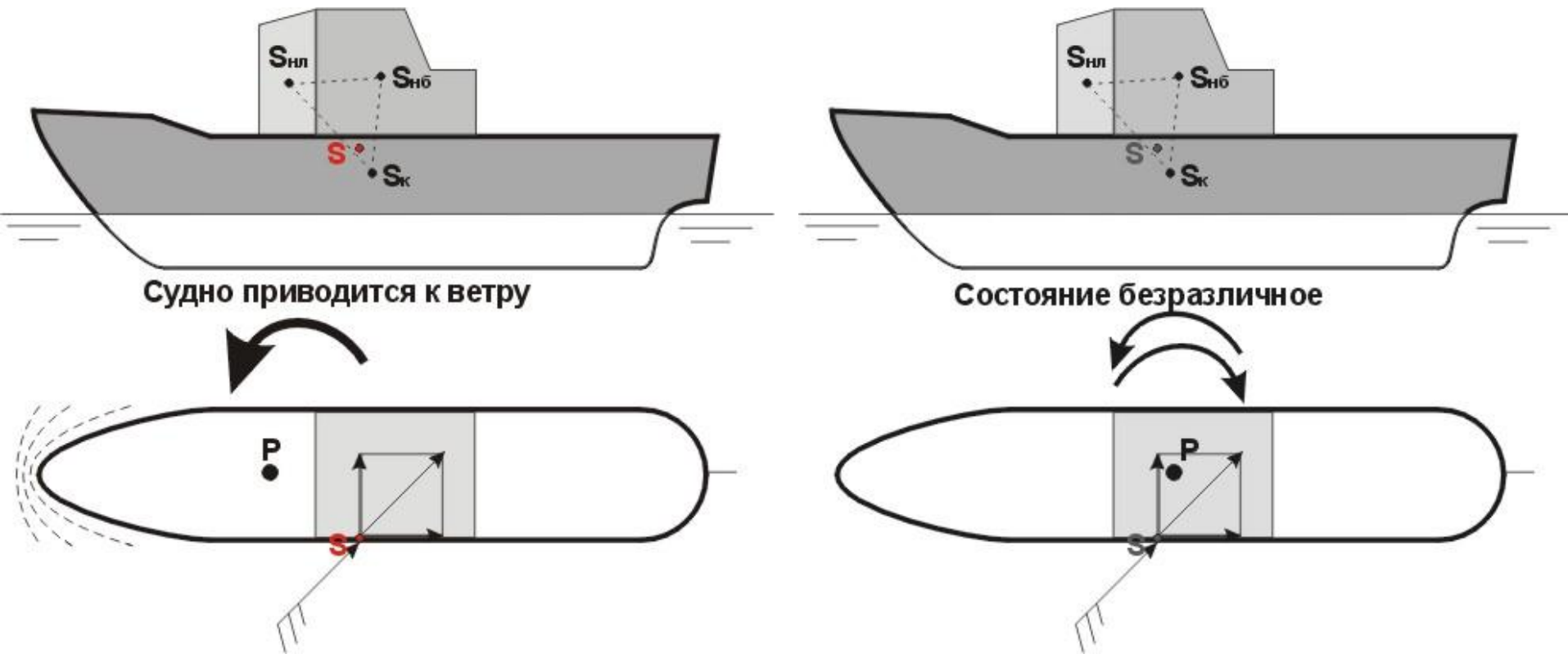
Судно уваливается под ветер



Смещение центра вращения вперед при движении судна уменьшает плечо между центром парусности S и центром вращения P , что уменьшает вращающий момент и делает его неустойчивым по направлению.

Судно при этом может как уваливаться, так и приводиться.

Влияние ветра на движущееся судно



Смещение центра вращения вперед при движении судна увеличивает плечо между центром парусности S и центром вращения P , что создает вращающий момент, приводящий судно к ветру.

Влияние на циркуляцию ветра

Ветер:

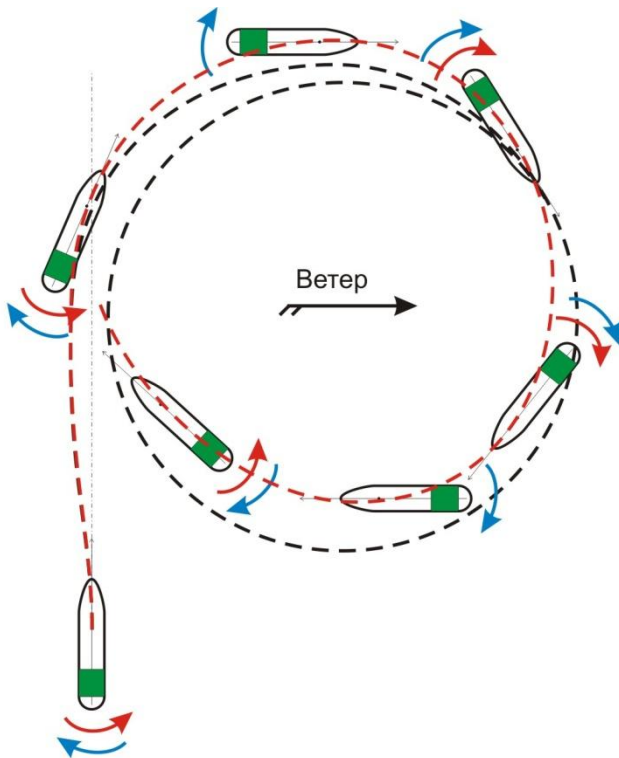
1. превращает траекторию в «смятую спираль»

+

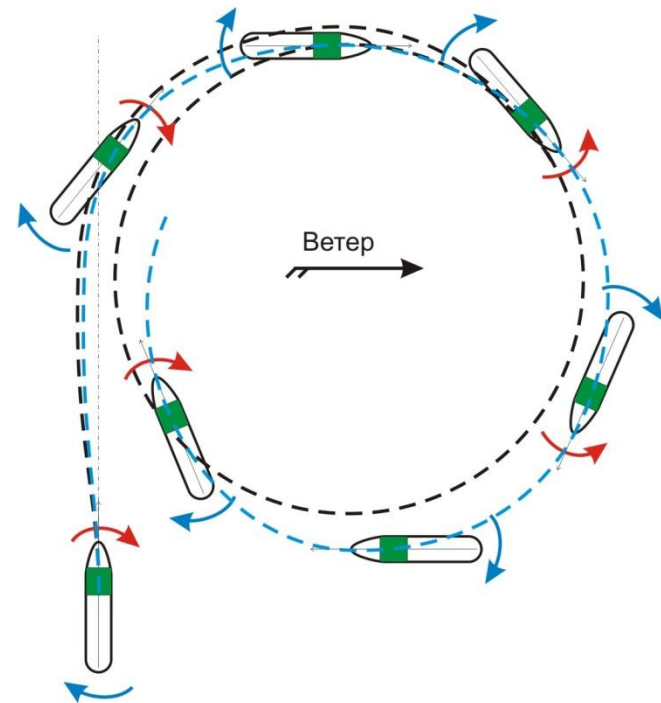
2. влияет на угол дрейфа

(в зависимости от архитектуры корпуса судно либо приводится к ветру, либо уваливается)

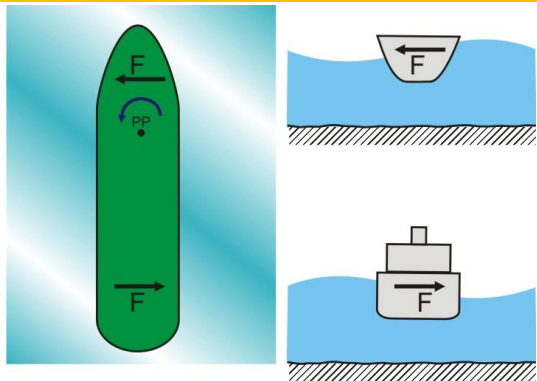
Судно приводящееся



Судно уваливающееся

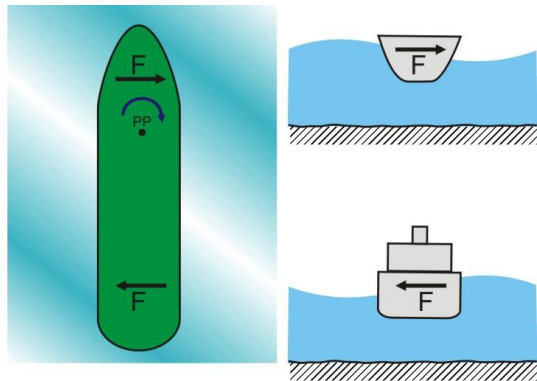


Влияние волнения на управляемость



Прохождение гребня волны при косом волнении создает разницу уровней воды с разных бортов, т.е. создает разницу давления.

Боковые силы от разницы давления силы в носу и в корме имеют противоположное направление, что создает вращающий момент, выводящий судно из прямолинейного движения.



Чем выше и круче волны,
↳ тем больше вращающий момент,
↳ тем больше скорость и углы зарыскивания судна.

При достижении определенных величин скорости и углов зарыскивания «авторулевой» перестает справляться со своевременной корректировкой положения пера руля для удержания судна на курсе.

Зарыскивание на волнении увеличивает сопротивление корпуса, что снижает скорость движения, что также уменьшает эффективность руля.

Килевая качка может приводить к периодическому частичному оголению винта и пера руля, что существенно снижает эффективность пера руля.

Поведение судна всегда определяется суммарным воздействием всех внешних сил:

- влияние винта;
- влияние руля;
- влияние ветра;
- влияние крена;
- влияние волн.

При этом имеет значение текущее состояние судна:

- степень загруженности (осадка);
- наличие крена;
- наличие дифферента.