

# РУКОВОДСТВО

## ПО РАСЧЕТУ ДИАГРАММ УДЕРЖАНИЯ СУДОВ С СИСТЕМАМИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (DP CAPABILITY PLOTS)

НД № 2-030101-064



Санкт-Петербург

**РУКОВОДСТВО ПО РАСЧЕТУ ДИАГРАММ УДЕРЖАНИЯ СУДОВ  
С СИСТЕМАМИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
(DP CAPABILITY PLOTS)**

---

Настоящая версия Руководства по расчету диаграмм удержания судов с системами динамического позиционирования (DP Capability Plots) Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждена в соответствии с действующим положением и вступает в силу 1 февраля 2025 года.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ<sup>1</sup>**

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

---

<sup>1</sup> За исключением изменений и дополнений, вводимых Бюллетенями, а также опечаток.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии Правил, указаны в части I «Классификация», а к специальной терминологии — в части XV «Автоматизация» Правил классификации и постройки морских судов.

В целях использования данного Руководства применяются следующие определения и пояснения.

Диаграмма удержания (ДУ) — это графическое представление способности судна удерживать позицию под влиянием внешних возмущающих сил, полученное методом расчета.

Диаграмма удержания уровня 1 (ДУ1) — диаграмма удержания, рассчитанная для однокорпусного судна на основе статического баланса сил воздействия окружающей среды и сил тяги пропульсивных механизмов в соответствии с методикой данного руководства.

Диаграммы удержания уровня 2 (ДУ2) — диаграмма удержания, рассчитанная на основе статического баланса сил воздействия окружающей среды и сил тяги пропульсивных механизмов на основании методики данного руководства и с учетом уточненных применимых параметров, включая, но не ограничиваясь:

- обводы корпуса и особенности обтекания;
- влияние скегов, выдвижных устройств, успокоителей качки;
- конфигурацию надстроек и палубного оборудования;
- особенности условий окружающей среды для заданного района эксплуатации судна;
- влияние дополнительных сил в зависимости от назначения судна, например, укладываемого трубопровода/кабеля для трубо/кабелеукладчика, влияние райзера бурового судна и др.;
- эффективную тягу движителей и прочие параметры.

Диаграмма удержания уровня 2 — натурная (ДУ2Н) — диаграмма удержания, рассчитанная на основе статического баланса сил воздействия окружающей среды и сил тяги пропульсивных механизмов на основании методики данного руководства и с использованием значений гидро/аэродинамики судна и эффективной тяги движителей, полученных методом натуральных испытаний.

## 1.2 СОКРАЩЕНИЯ

ВРК	—	винторулевая колонка.
ВРШ	—	винт регулируемого шага.
ВФШ	—	винт фиксированного шага.
ДП	—	динамическое позиционирование.
ДУ	—	диаграмма удержания.
ДУ1	—	диаграмма удержания уровня 1.
ДУ2	—	диаграмма удержания уровня 2.
ДУ2Н	—	диаграмма удержания уровня 2 — натурная.
СДП	—	система динамического позиционирования.
CFD	—	вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics).
DYNPOS-X	—	обозначение дополнительного знака СДП в символе класса РС.
FMEA	—	анализ характера и последствий отказов.
WCF	—	наихудший единичный отказ.
WCFDI	—	исходные данные проекта по наихудшему виду отказа.

### 1.3 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

**1.3.1** Расчет диаграммы удержания для судов с системами динамического позиционирования, имеющих знак **DYNPOS-2** и **DYNPOS-3** в символе класса, является обязательным. Для судов со знаком **DYNPOS-1** в символе класса расчет диаграммы может быть представлен для информации, без учета возможных отказов.

**1.3.2** Настоящее Руководство по расчету диаграмм удержания для судов с динамическим позиционированием (далее — Руководство) содержит методику расчета (см. [приложение 1](#)), а также указания по форме и содержанию отчетных документов.

**1.3.3** Диаграмма удержания позволяет выполнить оценку судна с СДП в отношении возможности удерживать позицию и/или курс судном с СДП при воздействии внешних возмущающих сил, в том числе и в случае единичного отказа оборудования СДП, при заданных конфигурациях системы и условиях окружающей среды.

**1.3.4** Результаты, полученные при расчете диаграмм уровня 1, применяются для сравнения возможностей удержания судна в точке позиционирования для различных судов при одних и тех же заданных параметрах окружающей среды.

**1.3.5** Настоящее руководство устанавливает методы для расчета воздействий окружающей среды на судно в следующих случаях:

**.1** для качественного анализа способности удержания различных вариантов однокорпусных судов в одинаковых условиях окружающей среды (используется для первичного выбора архитектурно-конструктивного типа и параметров пропульсивного комплекса судна на этапах эскизного проектирования) (ДУ1);

**.2** на этапе проектирования при оценке возможности конкретного судна удерживать позицию при заданных условиях (ДУ2);

**.3** в эксплуатации по результатам натурных испытаний (ДУ2Н).

**1.3.6** Оценка динамического удержания судна в точке позиционирования при действии внешних возмущений выполняется при помощи математического моделирования судна с системой динамического позиционирования и не позволяет оценить точность удержания судна с СДП в заданной точке в реальных условиях. Методика такой оценки выходит за рамки данного Руководства.

**1.3.7** В случае применения методики расчета, отличной от представленной в Руководстве, она должна быть подробно описана с целью возможности проверки результатов Регистром и соответствие требованиям, указанным в [разделе 2](#).

## 1.4 ССЫЛКИ НА ПРИМЕНИМЫЕ ПРАВИЛА И СТАНДАРТЫ

1.4.1 Перечень нормативных документов и стандартов, использованных в этом документе приведен в [табл. 1.4.1](#).

Таблица 1.4.1

### Перечень использованной литературы

Номер документа	Название документа
НД №2-020101-174	Правила классификации и постройки морских судов, часть I «Классификация»
НД №2-020101-174	Правила классификации и постройки морских судов, часть XV «Автоматизация»
НД №2-030101-055	Руководство по анализу характера и последствий отказов (FMEA) для судов с динамическим позиционированием
IMO MSC/Circ. 645	Guidelines for vessels with dynamic positioning systems
IMO MSC.1/Circ.1580	Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems
IMCA M 103	Guidelines for the design and operation of dynamically positioned vessels
IMCA M 140	Specification for DP Capability Plots

## 2. ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ СУДНА С СДП

### 2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**2.1.1** Диаграмма удержания представляет собой полярную диаграмму (система координат представлена в [приложении 1](#)) максимальной скорости ветра  $V_W^{max}$  заданного направления  $\alpha$ , при котором судно имеет возможность удерживаться в точке при заданных ограничениях.

**2.1.2** При удержании в точке предполагается, что суммарный вектор возмущающих сил  $(F_{XD}, F_{YD}, M_{ZD})$  может быть статически уравновешен вектором управляющих сил  $(F_{XU}, F_{YU}, M_{ZU})$ :

$$F_{XD} = F_{XW} + F_{XC} + F_{XWAVE} = F_{XU}; \quad (2.1.2-1)$$

$$F_{YD} = F_{YW} + F_{YC} + F_{YWAVE} = F_{YU}; \quad (2.1.2-2)$$

$$M_{ZD} = M_{ZW} + M_{ZC} + M_{ZWAVE} = M_{ZU}. \quad (2.1.2-3)$$

**2.1.3** Для каждого направления действия возмущения  $\alpha$  решается следующая задача: определяется максимальная скорость ветра  $V_W$  такая, что при помощи средств управления (пропульсивных механизмов) можно создать суммарный вектор силы (и соответствующий момент)  $(F_{XU}, F_{YU}, M_{ZU})$ , компенсирующий суммарный вектор внешних сил (и соответствующий момент)  $(F_{XD}, F_{YD}, M_{ZD})$ .

**2.1.4** Для вычисления диаграммы требуется:

1. определить силы и момент рыскания от ветра  $(F_{XW}, F_{YW}, M_{ZW})$ , волнения  $(F_{XWAVE}, F_{YWAVE}, M_{ZWAVE})$ , течения  $(F_{XC}, F_{YC}, M_{ZC})$  заданной интенсивности и направления;

2. определить минимальные и максимальные силы (и соответствующий им момент рыскания) для всех средств управления (пропульсивных механизмов);

3. решить задачу распределения упоров (определить, возможно ли распределить заданную силу по имеющимся пропульсивным механизмам с учетом ограничений). Задача распределения упоров решается упрощенно, без учета динамики (статический случай).

**2.1.5** Скорость течения  $V_C$  считается фиксированной, все возмущения — коллинеарными, одного направления действия (для диаграмм уровня 2 и 2Н, как правило, — коллинеарными). В дополнительные ограничения входят ограничения (в том числе отказы) средств управления (пропульсивных механизмов).

**2.1.6** Для расчета диаграмм удержания уровня 1 для силы ветра, течения и волнения применяется динамический коэффициент 1,25.

**2.1.7** Для диаграмм удержания уровня 2 и 2Н возможны также дополнительные действующие внешние силы (помимо ветра, волнения, течения). Волнение учитывается в качестве силы волнового дрейфа, при этом предполагается, что интенсивность волнения определяется скоростью ветра.



## **2.2 ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММ УДЕРЖАНИЯ**

**2.2.1** Диаграммы удержания, рассчитанные с помощью Руководства, используются для целей:

**1.** сравнения теоретической способности различных судов к динамическому позиционированию, в условиях влияния одинаковых внешних сил, воздействующих на судно;

**2.** оценки на этапе проектирования и эксплуатации теоретической способности конкретного судна к динамическому позиционированию в условиях влияния заданных внешних сил, воздействующих на судно;

**3.** оценки фактической способности судна к динамическому позиционированию по результатам натурных испытаний, в условиях влияния заданных внешних сил, воздействующих на судно;

**4.** оценки способности судна к динамическому позиционированию в условиях влияния заданных внешних сил, воздействующих на судно, после наступления единичного отказа.

**2.2.2** При использовании диаграммы удержания для целей получения максимальных эксплуатационных характеристик необходимо учитывать дополнительные факторы: снижение тяги пропульсивных механизмов, динамическое изменение ветро-волновой нагрузки и нагрузки от течения.

**2.2.3** При использовании диаграммы удержания необходимо принимать во внимание дополнительные факторы оказывающие влияние на способность судна к динамическому позиционированию: снижение тяги пропульсивных механизмов, динамическое изменение ветро-волновой нагрузки и нагрузки от течения, состояние оборудования и корпуса судна, ограничения при выполнении судном конкретной рабочей операции.

## 2.3 УСЛОВИЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ УДЕРЖАНИЯ

**2.3.1** Расчет диаграммы удержания судна с СДП должен выполняться для следующих случаев:

**.1** электроэнергетическая система судна находится в полностью исправном состоянии, обеспечивается проектная доступная мощность для режима ДП; пропульсивная установка в исправном состоянии;

**.2** при наихудшем единичном отказе (WCF).

**2.3.2** В дополнение к [п. 2.3.1](#), расчет диаграммы удержания судна с символом класса **DYNPOS-2/DYNPOS-3** может выполняться также в случае наихудшего проектного отказа (WCFDI).

**2.3.3** Основными природными явлениями, учитываемые при расчете диаграмм удержания являются:

ветер;  
волны;  
течение.

Скорости ветра и течения равномерно распределены по высоте и глубине соответственно.

**2.3.4** Полученные по результатам расчета диаграммы носят оценочный характер и могут отличаться от возможности позиционирования реального судна.

**2.3.5** При наличии коэффициентов воздействия внешних сил на судно, полученных в ходе модельных испытаний, допускается использование таких коэффициентов при расчёте ДУ2 и ДУ2Н.

**2.3.6** Воздействия окружающей среды описываются физическими параметрами статистического характера. Для расчета диаграмм удержания применяются статистические данные, собранные за период времени наблюдений для заданного географического района. Для ДУ1 применяется единый район (см. [приложение 2](#)).

**2.3.7** При расчете ДУ2 допускается использование данных о ветровых и волновых условиях конкретного района эксплуатации, данные о течениях, изменениях уровня воды, архитектурно-конструктивном типе судна, пропульсивных характеристиках, а также с учетом влияния дополнительных сил в зависимости от назначения судна (укладываемого кабеля или трубопровода для кабеле/трубоукладчика, райзера бурового судна и т.д.).

**2.3.8** Для ДУ1 и ДУ2 при расчете должен соблюдаться баланс сил и моментов, создаваемых элементами пропульсивного комплекса, а также вызванных воздействиями внешних сил.

**2.3.9** Расчет ДУ2Н выполняется для учета расхождения между заявленной и реальной эффективной тягой движителя. Реальная эффективная тяга элементов пропульсивного комплекса (подруливающего устройства, выдвигаемых движителей, винторулевых колонок и др.) может быть определена на основе натуральных ходовых испытаний или, например, в рамках определения «тяги на швартовах» тягой за кнехт (Bollard Pull Test).

**2.3.10** При расчете диаграммы удержания необходимо учитывать допустимые нагрузки на приводы подруливающего устройства и пропульсивного комплекса с учетом доступной мощности. Кроме доступной мощности должны учитываться ограничения нагрузки пропульсивных механизмов.

**2.3.11** Расчеты производятся в диапазоне курсовых углов ветра 0 — 360 градусов с шагом 10 градусов. Затем в полярных координатах строится диаграмма, показывающая для каждого угла максимальную скорость ветра, при которой судно может удерживаться над точкой позиционирования.

**2.3.12** Каждая диаграмма рассчитывается для заданных скоростей течения. Для ДУ1 скорости течения варьируются в пределах от 0 до 4 узлов.

**2.3.13** Снижение тяги, связанное с особенностями обтекания корпуса судна, влияния отбрасываемой движителями пропульсивного комплекса массы воды, течением и взаимодействием движителей между собой, также могут быть учтены при расчете диаграмм ДУ2 и ДУ2Н. Для ДУ1 коэффициент потери тяги указан в [п. 4.2 приложения 1](#).

**2.3.14** Для судов, выполняющих грузовые операции в открытом море или имеющих более одной рабочей осадки, следует выполнять расчеты как минимум для двух осадок.

**2.3.15** В расчетах используются боковая проекция (на диаметральную плоскость, проекция бокового вида) и фронтальная проекция (на плоскость миделя, проекция вида с носа) судна. Проекции должны включать надстройки, палубное оборудование, краны и пр., а также пропульсивные механизмы (винторулевые колонки, гребные винты, рули и т.д.). За основу берется чертеж общего расположения судна, при этом мелкие или несущественные части, например, провода и антенны, не учитываются.

**2.3.16** Для расчетов применяется прямоугольная система координат, описанная в [приложении 1](#).

**2.3.17** Для расчетов должна использоваться международная система единиц СИ.

## 2.4 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

**2.4.1** Для расчета ДУ1 используются следующие данные и техническая документация:

- .1 главные размерения судна;
- .2 эксплуатационная осадка (в режиме DP);
- .3 параметры боковой и фронтальной проекции судна (схема, площадь, координаты приложения нагрузок от ветра и течения);
- .4 перечень пропульсивных устройств (тип, количество, упор, тип и мощность привода, координаты расположения, диаметр винта);
- .5 технические или технологические ограничения по доступной мощности и направлению действия для каждого пропульсивного устройства;
- .6 минимальная частота вращения для ВФШ с дизельным приводом;
- .7 информация о рулевом устройстве (тип, количество, мощность привода, координаты расположения, площадь в струе винта, максимальный угол перекладки);
- .8 информация о структуре распределения электропитания для задействованных в СДП пропульсивных устройств (однолинейная диаграмма части ГРЩ, относящаяся к электродвижению).

**2.4.2** Для расчета ДУ2, в дополнение к данным [п. 2.4.1](#), используются следующие данные и техническая документация:

1. гидроаэродинамические характеристики корпуса судна;
2. кривые действия гребных винтов и подруливающих устройств;
3. данные ветро-волновой статистики заданного региона;
4. данные о действии внешних сил и др.

**2.4.3** Для расчета ДУ2Н, в дополнение к данным [п. 2.4.1 — 2.4.2](#), используются следующие данные и техническая документация:

1. данные оценки эффективности пропульсивных устройств и/или коэффициентов сопротивления корпуса полученных в ходе натурных испытаний.

## 1 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИАГРАММ УДЕРЖАНИЯ

### 1.1 СИСТЕМА КООРДИНАТ

1.1.1 Для расчета применяется прямоугольная система координат, связанная с судном (рис. 1.1.1), где:

Ось  $OX$  — начало координат на мидель-шпангоуте, направлена в нос судна;

Ось  $OY$  — начало координат на диаметральной плоскости, направлена на правый борт;

Ось  $OZ$  — начало координат на основной плоскости, направлена вверх.

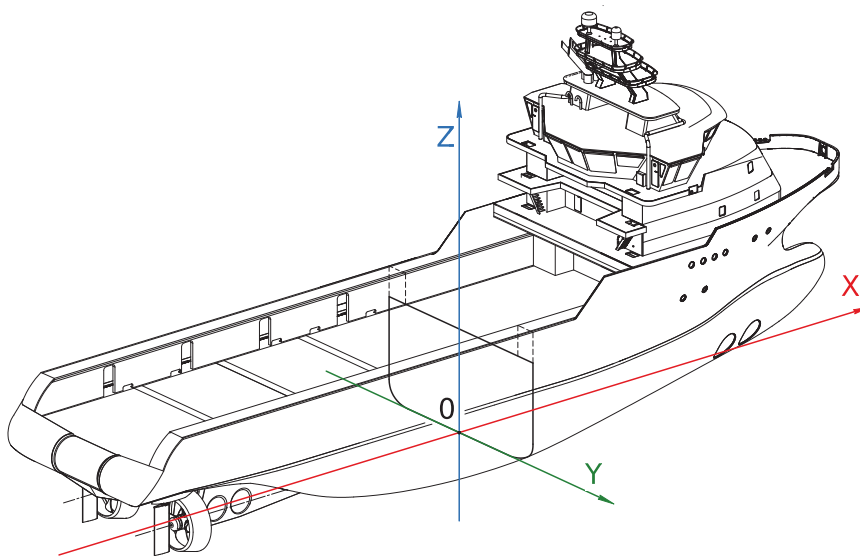


Рис.1.1.1

Система координат судна и направления воздействия внешних сил.

1.1.2 На [рис. 1.1.2](#) показан угол направления внешних возмущающих воздействий  $\alpha$ , отсчитывается от оси  $OX$  по часовой стрелке, то есть 0 градусов соответствует встречному возмущающему воздействию.

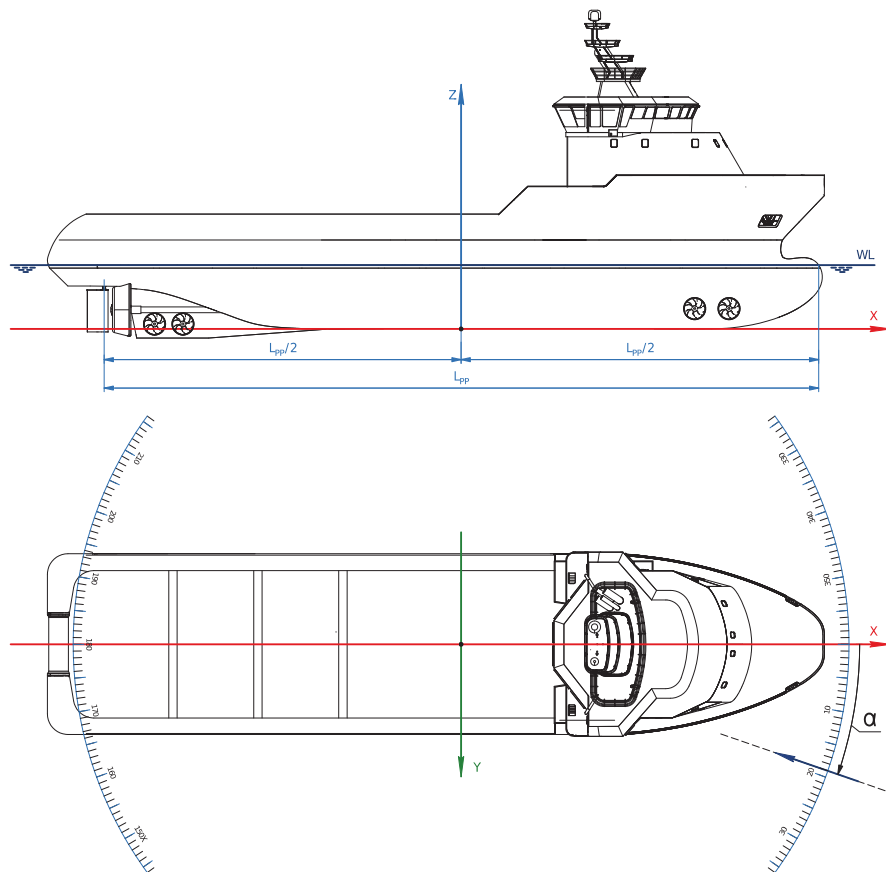


Рис. 1.1.2  
Геометрические параметры судна для волнового дрейфа

## 1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПАРУСНОСТИ

**1.2.1** При определении аэродинамических сил используется понятие площади парусности и центра парусности (центр тяжести площади проекции).

Площадь парусности — эффективная площадь при воздействии аэродинамических сил.

Боковая площадь парусности  $S_{ay}$  и лобовая площадь парусности  $S_{ax}$  вычисляются с учетом всех сплошных поверхностей (борта, надстроек, палубных конструкций).

Координаты центра парусности — геометрический центр площади  $S_{ay}$  ( $x_a, z_a$ ) — абсцисса и аппликата (возвышение) центра парусности соответственно.

**1.2.2** Площади и центр парусности вычисляются по следующим формулам:

$$S_{XA} = \sum_i k_i S_{XAi}; \quad (1.2.2-1)$$

$$S_{YA} = \sum_i k_i S_{YAi}; \quad (1.2.2-2)$$

$$X_{YA} = \frac{\sum_i k_i x_i S_{YAi}}{\sum_i k_i S_{YAi}}; \quad (1.2.2-3)$$

$$Z_{YA} = \frac{\sum_i k_i z_i S_{YAi}}{\sum_i k_i S_{YAi}}; \quad (1.2.2-4)$$

где, в приведенных формулах,  $k_i$  — коэффициент, зависящий от формы надстройки (см. [табл.1.2.2](#)).

Таблица 1.2.2

### Коэффициент $k_i$

Проекция надводной части корпуса, рубок и надстроек	1
Проекция конструкций круглого сечения, отдельно расположенных на палубе (труб, вентиляторов, мачт)	0,6
Леера, крановые фермы решетчатого типа и подобные пронизываемые конструкции	0,5

### 1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОРПУСА ДЛЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ВОЛНОВОГО ДРЕЙФА

**1.3.1** При определении сил волнового дрейфа учитываются три параметра, характеризующих полноту корпуса:

**1.3.1.1**  $\beta$  — угол между диаметральной плоскостью судна и линией от передней (носовой) точки по ватерлинии (она имеет координаты  $(x_{max}, 0)$ ) до точки  $(x_{B4}, B/4)$ , характеризует полноту носовой оконечности — см. [рис. 1.3.1](#):

$$\beta = \arctg\left(\frac{B/4}{x_{max}-x_{B4}}\right); \quad (1.3.1.1-1)$$

**1.3.1.2** Коэффициент  $C_{WLA}$  — коэффициент полноты кормовой части площади ватерлинии (за мидель-шпангоутом в корму):

$$C_{WLA} = \frac{S_{WLA}}{\frac{L_{pp} B}{2}}; \quad (1.3.1.2-1)$$

где  $S_{WLA}$  — площадь кормовой части площади ватерлинии для  $x < 0$ .

**1.3.1.3**  $L_{OS}$  — продольное расстояние между передней (носовой) и кормовой точками подводной части корпуса — см. [рис. 1.3.1](#);

**1.3.1.4**  $X_{LOS}$  — смещение центра  $L_{OS}$  относительно начала координат (середины между перпендикулярами) — см. [рис. 1.3.1](#).

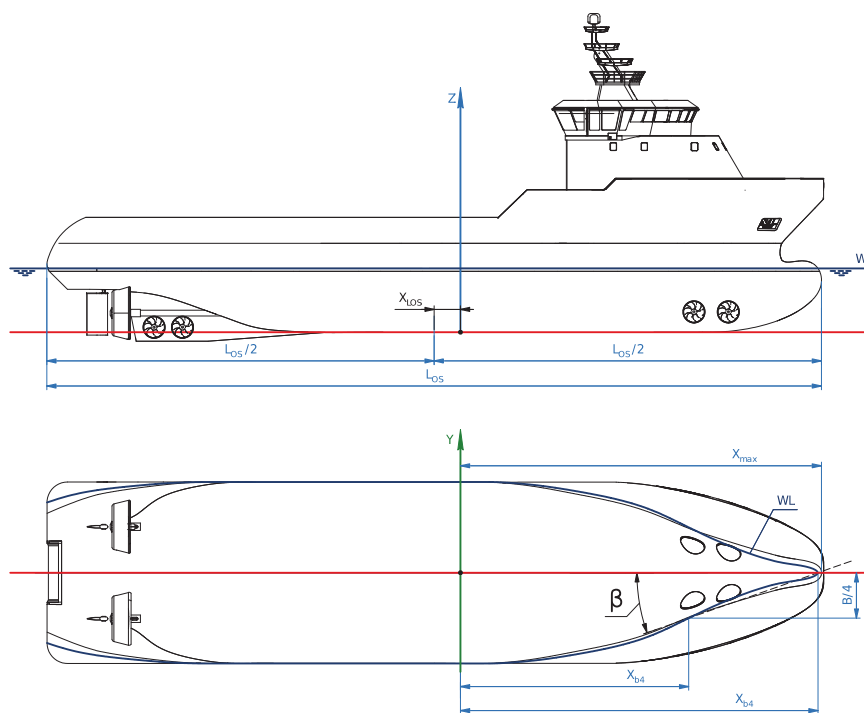


Рис.1.3.1  
Определение угла  $\beta$



## 2 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ

### 2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**2.1.1** Аэродинамические силы и моменты возникают при движении судна относительно воздуха и действуют на надводную часть корпуса судна.

**2.1.2** Ветер является скоростным вихревым потоком воздуха, который имеет пульсирующий характер и является случайной функцией времени. При вычислении диаграмм удержания используется средняя скорость ветра на высоте 10 м над уровнем моря.

**2.1.3** Силы на корпусе судна, неподвижно стоящего в точке позиционирования, создаваемые ветром со скоростью  $V_W$  и относительным направлением  $\alpha$  вычисляются по следующим формулам:

$$F_{XW} = \frac{\rho_A V_W^2}{2} S_{XA} C_{XA}(\alpha); \quad (2.1.3-1)$$

$$F_{YW} = \frac{\rho_A V_W^2}{2} S_{YA} C_{YA}(\alpha); \quad (2.1.3-2)$$

$$M_{ZW} = \frac{\rho_A V_W^2}{2} L_{pp} S_{YA} C_{MZA}(\alpha), \quad (2.1.3-3)$$

где, в приведенных формулах:

$V_W$  — скорость ветра;

$\alpha$  — направление ветра;

$\rho_A = 1.226 \text{ кг/м}^3$  — плотность воздуха;

$S_{XA}$  — поперечная площадь парусности судна,  $\text{м}^2$ ;

$S_{YA}$  — продольная площадь парусности судна,  $\text{м}^2$ ;

$C_{XA}(\alpha)$ ,  $C_{YA}(\alpha)$ ,  $C_{MZA}(\alpha)$  — безразмерные аэродинамические характеристики (коэффициенты) корпуса судна.

Безразмерные аэродинамические характеристики корпуса для ДУ1 определяются по методике, приведенной в [главе 2.2 приложения 1](#).

## 2.2 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 1

**2.2.1** Аэродинамические коэффициенты вычисляются по следующим формулам:

$$C_{XA}(\alpha) = -0,7 \cdot \cos(\alpha); \quad (2.2.1-1)$$

$$C_{YA}(\alpha) = -0,9 \cdot \sin(\alpha); \quad (2.2.1-2)$$

$$C_{MZA}(\alpha) = C_{YA}(\alpha)(X_{YA}/L_{pp} + 0,3 \cdot (1 - \frac{2\alpha\pi}{\pi})); \quad (2.2.1-2)$$

$$\alpha_{\pi} = \begin{cases} \alpha, & \text{для } 0 \leq \alpha \leq \pi \\ 2\pi - \alpha, & \text{для } \pi \leq \alpha \leq 2\pi \end{cases} \quad (2.2.1-2)$$

где  $X_{YA}$ — х-координата центра парусности судна (геометрический центр фигуры с площадью  $S_{YA}$ ).

## 2.3 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2

**2.3.1** Используются значения, определенные альтернативным расчетным методом или экспериментально (по результатам испытаний масштабной модели в опытовом бассейне) или пересчитаны с судна-прототипа.

## 2.4 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2 — НАТУРНАЯ

**2.4.1** Используются коэффициенты, определенные по результатам натуральных испытаний.

### 3 СИЛЫ ТЕЧЕНИЯ

#### 3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**3.1.1** Гидродинамические силы возникают при движении судна относительно воды. Силы от течения — гидродинамические силы, действующие на судно, неподвижно стоящее в одной точке.

**3.1.2** Течение имеет некоторый профиль по глубине. При вычислении сил, действующих на корпус, неравномерностью потока по глубине пренебрегают.

**3.1.3** Силы на корпусе судна, неподвижно стоящего в точке позиционирования, создаваемые течением (со скоростью  $V_C$  и относительным направлением  $\alpha$ ) вычисляются по следующим формулам:

$$F_{XC} = \frac{\rho V_C^2}{2} S_{XH} C_{XH}(\alpha); \quad (3.1.3-1)$$

$$F_{YC} = \frac{\rho V_C^2}{2} S_{YH} C_{YH}(\alpha); \quad (3.1.3-1)$$

$$M_{ZC} = \frac{\rho V_C^2}{2} S_{YH} L_{pp} C_{MZH}(\alpha), \quad (3.1.3-1)$$

где, в приведенных формулах:

$V_C$  — скорость течения;

$\alpha$  — направление течения;

$\rho$  — плотность воды (принимается для морской воды 1025 кг/м<sup>3</sup>);

$S_{XH}$  — поперечная нормировочная площадь, м<sup>2</sup>;

$S_{YH}$  — продольная нормировочная площадь, м<sup>2</sup>;

$C_{XH}(\alpha)$ ,  $C_{YH}(\alpha)$ ,  $C_{MZH}(\alpha)$  — безразмерные гидродинамические характеристики (коэффициенты) корпуса судна.

**3.1.4** Безразмерные гидродинамические характеристики корпуса для ДУ1 определяются по методике, приведенной в [главе 3.2 приложения 1](#).

### 3.2 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 1

**3.2.1** Гидродинамические коэффициенты и нормировочные площади вычисляются по следующим формулам:

$$S_{XH} = BT_m; \quad (3.2.1-1)$$

$$C_{XH}(\alpha) = -0,07 \cos \alpha; \quad (3.2.1-2)$$

$$C_{YH}(\alpha) = -0,6 \sin \alpha; \quad (3.2.1-3)$$

$$C_{MZH}(\alpha) = C_{YH}(\alpha) \left( \frac{X_{YH}}{L_{pp}} + \max \left\{ \min \left\{ 0,4 \cdot \left( 1 - \frac{2\alpha}{\pi} \right), 0,25 \right\}, -0,2 \right\} \right); \quad (3.2.1-4)$$

$$\alpha_{\pi} = \begin{cases} \alpha, & \text{для } 0 \leq \alpha \leq \pi \\ 2\pi - \alpha, & \text{для } \pi \leq \alpha \leq 2\pi \end{cases} \quad (3.2.1-5)$$

где, в приведенных формулах:

$B$  — ширина судна по ватерлинии;

$T_m$  — осадка судна средняя;

$S_{YH}$  — площадь проекции подводной части корпуса на диаметральную плоскость;

$X_{YH}$  —  $x$ -координата геометрического центра проекции подводной части корпуса на диаметральную плоскость.

### 3.3 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2

**3.3.1** Используются значения, определенные альтернативным расчетным методом или экспериментально, по результатам испытаний масштабной модели в опытовом бассейне, или пересчитанные с судна-прототипа.

### 3.4 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2 — НАТУРНАЯ

**3.4.1** Используются коэффициенты, определенные по результатам натуральных испытаний.

## 4 СИЛЫ ВОЛНОВОГО ДРЕЙФА

### 4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**4.1.1** При определении диаграмм удержания учитываются силы волнового дрейфа — постоянные силы, действующие на корпус удерживаемого в точке судна при действии ветрового волнения.

**4.1.2** Силы волнового дрейфа на корпусе судна, неподвижно стоящего в точке позиционирования, создаваемые волнением с высотой  $h_{3\%}$  и относительным направлением  $\alpha$  вычисляются по следующим формулам:

$$F_{XWAVE} = \rho g B h_{3\%}^2 C_{XWAVE}(\alpha, T_{cp}); \quad (4.1.2-1)$$

$$F_{YWAVE} = \rho g L_{pp} h_{3\%}^2 C_{YWAVE}(\alpha, T_{cp}); \quad (4.1.2-2)$$

$$M_{ZWAVE} = \rho g L_{pp}^2 h_{3\%}^2 C_{MZWAVE}(\alpha, T_{cp}), \quad (4.1.2-3)$$

где, во всех приведенных формулах:

$\alpha$  — направление волнения;

$h_{3\%}$  — высота волны 3% обеспеченности;

$L_{pp}$  — длина судна между перпендикулярами;

$C_{XWAVE}(\alpha, T_{cp})$ ,  $C_{YWAVE}(\alpha, T_{cp})$ ,  $C_{MZWAVE}(\alpha, T_{cp})$  — безразмерные коэффициенты сил и момента волнового дрейфа (зависят от формы корпуса судна);

$\rho$  — плотность воды;

$g$  — ускорение свободного падения 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$T_{cp}$  — средний период волнения, с.

**4.1.3** Безразмерные коэффициенты сил волнового дрейфа зависят от корпуса судна, направления волнения и соотношений геометрических характеристик корпуса и волн.

**4.1.4** Как правило, при определении диаграмм удержания не учитывается глубина акватории, частота волны считается связанной с длиной волны дисперсионным соотношением:

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega^2}{g}, \quad (4.1.4-1)$$

где  $\omega = 2\pi/T$  — круговая частота (рад/с);

$\lambda$  — длина волны,  $T$  — период волны.

**4.1.5** Параметры действующего волнового возмущения определяются в соответствии с ветро-волновой статистикой для данного региона и условий использования системы динамического позиционирования. Статистика определяет зависимость высоты волны  $h_{3\%}$  и среднего периода волн  $T_{cp}$  от средней скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря.

**4.1.6** В качестве оценки среднего периода принимается период  $T_{cp} = T_z$  (Zero-Crossing Period, соответствует среднему времени пересечения реализации нулевого уровня в одну сторону).

**4.1.7** Используют также понятие периода, соответствующего пику (максимуму) спектра  $T_p$ . В зависимости от вида спектра, связь между  $T_p$  и  $T_z$  будет различной. Для спектра JONSWAP с параметром пиковатости  $\gamma$ :

$$T_z = T_p \sqrt{\frac{5+\gamma}{11+\gamma}}. \quad (4.1.7-1)$$

где, спектр Пирсона-Московица соответствует  $\gamma = 1$ .

**4.1.8** Коэффициенты сил волнового дрейфа могут быть заданы как функции средней длины волны либо как функции среднего периода волн или средней частоты волн.

**4.1.9** Принимается, что высота волны 3% обеспеченности связана со значительной высотой волны (характеристика «*significant*»,  $h_s$ ,  $h_{1/3}$ ) по следующей формуле (в соответствии с распределением Релея):

$$h_{3\%} = 1,32 h_s. \quad (4.1.9-1)$$

**4.1.10** Для расчета ДУ1 используется принятая ветроволновая статистика табл. 1 приложения 2.

## 4.2 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 1

**4.2.1** Для ДУ1 значения  $T_z$  и  $h_s$  берутся из [табл. 1 приложения 2](#) (ветро-волновая статистика Северного моря) в соответствии со средней скоростью ветра.

**4.2.2** Для определения безразмерных коэффициентов сил и момента волнового дрейфа используются следующие формулы:

$$C_{X\ WAVE}(\alpha, T_{cp}) = -0,026 \cdot h_1(\alpha, \beta, C_{WL}) \cdot h_2(\alpha) \cdot f(T_X(T_z)); \quad (4.2.2-1)$$

$$C_{Y\ WAVE}(\alpha, T_{cp}) = -0,026 \cdot \sin \alpha \cdot L_{os}/L_{pp} \cdot f(T_Y(T_z)); \quad (4.2.2-2)$$

$$C_{MZWAVE}(\alpha, T_{cp}) = C_{Y\ WAVE}(\alpha, T_{cp}) \left( \frac{x_{Los}}{L_{pp}} + \left( 0,05 - 0,14 \cdot \frac{\alpha_{\pi}}{\pi} \right) \cdot \frac{L_{os}}{L_{pp}} \right) \quad (4.2.2-3)$$

**4.2.3** Функции  $h_1$ ,  $h_2$  зависят от параметров корпуса и угла встречи с волной:

$$h_1(\alpha, \beta, C_{WL}) = h_{1A}(\beta) + \frac{\alpha_{\pi}}{\pi} \cdot (h_{1B}(C_{WLA}) - h_{1A}(\beta)); \quad (4.2.3-1)$$

$$\alpha_{\pi} = \begin{cases} \alpha, & \text{для } 0 \leq \alpha \leq \pi \\ 2\pi - \alpha, & \text{для } \pi \leq \alpha \leq 2\pi \end{cases}; \quad (4.2.3-2)$$

$$h_{1A}(\beta) = 0,8 \cdot \beta^{0,45}; \quad (4.2.3-3)$$

$$h_{1B}(C_{WLA}) = 0,7 \cdot C_{WLA}^2, \quad C_{WLA} \in [0,85, 1,15]; \quad (4.2.3-4)$$

$$h_2(\alpha) = 0,05 + 0,95 \cdot \text{arctg}(1,45 \cdot (\alpha_{\pi} - 1,75)). \quad (4.2.3-5)$$

**4.2.4** Функция  $f(T)$  учитывает влияние среднего периода волн:

$$f(T) = \begin{cases} 1, & \text{для } T < 1 \\ T^{-3} \cdot e^{1-T^{-3}}, & \text{для } T \geq 1 \end{cases}; \quad (4.2.4-1)$$

$$T_X = \frac{T_z}{0,9 \cdot L_{pp}^{0,33}}; \quad (4.2.4-2)$$

$$T_Y = \frac{T_z}{0,75 \cdot B^{0,5}}. \quad (4.2.4-3)$$

## 4.3 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2

**4.3.1** Для ДУ2 могут быть использованы значения, определенные альтернативным расчетным методом. Может использоваться ветро-волновая статистика в соответствии с районом эксплуатации судна.

**4.3.2** Отличия от методики, приведенной в настоящем разделе, должны быть отражены в отчете.

## 4.4 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2 — НАТУРНАЯ

**4.4.1** Используются коэффициенты, определенные по результатам натуральных испытаний.

## 5 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИЛ ПРОПУЛЬСИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ

### 5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**5.1.1** При определении диаграмм удержания учитываются ограничения на диапазоны изменения управляющих сил, создаваемых средствами управления (пропульсивными механизмами — гребными винтами с рулями или без, винторулевыми колонками, туннельными подруливающими устройствами и т.п.) в режиме динамического позиционирования  $F_{xu}, F_{yu}$ . Управляющие силы считаются приложенными в заданных точках расположения средств управления (пропульсивных механизмов).

**5.1.2** Учитываются номинальные значения силы тяги каждого пропульсивного механизма  $F_0$  в швартовном режиме, дополнительно должны быть учтены гидродинамические потери при помощи коэффициента потери тяги  $\beta_T \in [0,1]$ . (для ДУ1 применяется коэффициент  $\beta_T = 0,9$ ). С учетом потерь эффективная тяга будет иметь вид:

$$F_e = F_0 \beta_T. \quad (5.1.2-1)$$

**5.1.3** Продольная  $F_{xu}$  и боковая  $F_{yu}$  силы определяются эффективной тягой  $F_e$  и ее направлением.

**5.1.4** Момент рыскания  $M_z$  учитывается в соответствии с расположением (координатами точки установки  $(x, y)$ ):

$$M_{zu} = -F_{xu} y + F_{yu} x. \quad (5.1.4-1)$$

**5.1.5** Положение точки приложения тяги движителя определяется как:  
для туннельных движителей: в центре объема туннеля;  
для ВРК: на пересечении линии гребного вала с осью поворота;  
для гребного винта без руля: в центре ступицы;  
для гребного винта с рулем: на пересечении оси поворота руля с линией гребного вала;  
для крыльчатых движителей: в центре механизма вращения, на половине высоты лопасти.

**5.1.6** Для прочих типов движителей, не указанных в [п. 5.1.5](#), положение точки приложения тяги движителя определяется согласно его конструкции и принципу действия.

**5.1.7** Тяговое усилие может быть рассчитано другими признанными методами. В число данных методов входят экспериментальные исследования и исследования с применением вычислительной гидродинамики (CFD). Использование перечисленных методов должно быть обосновано и задокументировано. При их применении по запросу должны быть предоставлены отчеты о применимости и точности используемого метода в рассматриваемой области.



## 5.2 ГРЕБНЫЕ ВИНТЫ

**5.2.1** В швартовном режиме (отсутствие набегающего потока воды на винт, поступь  $J = 0$ ) гребные винты создают продольную тягу  $F_X = F_0$ , зависящую от частоты вращения  $n = RPM/60$  и шага винта  $H$ :

$$F_0 = \rho D_p^4 n^2 K_T(J, H). \quad (5.2.1-1)$$

**5.2.2** Кривые действия винта  $K_T(J, H)$  могут быть известны по результатам испытаний или с судна-прототипа.

**5.2.3** Приводной двигатель (дизельный либо электрический) обеспечивает изменение частоты вращения гребного винта в пределах  $RPM_{min}, RPM_{max}$ . Ограничение на максимальную частоту на заднем ходу  $RPM_{maxAS}$  может отличаться от ограничения на передний ход.

**5.2.4** Механизм изменения шага ВРШ определяет диапазон изменения шага винта на передний и задний ход.

**5.2.5** Кривые действия винта, а также ограничения частоты вращения и шага винта определяют значения, которые учитываются при вычислении диаграммы:

максимальная тяга винта вперед  $F_{maxAH}$ ;

минимальная тяга винта вперед  $F_{minAH}$ ;

минимальная тяга винта назад  $F_{minAS}$ ;

максимальная тяга винта назад  $F_{maxAS}$ ;

**5.2.6** Для гребных винтов регулируемого шага:

$$F_{minAH} = F_{minAS} = 0. \quad (5.2.6-1)$$

**5.2.7** Для гребных винтов фиксированного шага:

$$F_{minAH} = F_{maxAH} \left( \frac{RPM_{min}}{RPM_{maxAH}} \right)^2; \quad (5.2.7-1)$$

$$F_{minAS} = F_{maxAS} \left( \frac{RPM_{min}}{RPM_{maxAS}} \right)^2. \quad (5.2.7-2)$$

### 5.3 РУЛИ

**5.3.1** Рули рассматриваются в комплексе «винт-руль». Учитываются только рули, установленные в струе гребного винта. В качестве эффективной площади учитывается площадь руля  $A_R$  в струе гребного винта.

**5.3.2** При заданной тяге гребного винта  $F_0$  (на передний ход) и перекладке руля на угол  $\delta$ , суммарная сила на комплексе «винт-руль» в швартовном режиме считается по следующим формулам:

$$F_{XR} = \frac{F_0 A_R}{D_p^2} (1 - f_{XR}(\delta)); \quad (5.3.2-1)$$

$$F_{YR} = \frac{F_0 A_R}{D_p^2} f_{YR}(\delta). \quad (5.3.2-2)$$

**5.3.3** Характеристики подъемной силы и сопротивления руля определяются по результатам бассейновых испытаний или пересчета с судна-прототипа.

### 5.4 ВИНТОРУЛЕВЫЕ КОЛОНКИ (ВРК)

**5.4.1** Тяга на швартовном режиме  $F_0$  винторулевых колонок (ВРК) определяется аналогично швартовной тяге гребного винта в соответствии с кривыми действия.

**5.4.2** Кривые действия винта, а также ограничения частоты вращения и шага винта определяют значения, которые учитываются при вычислении диаграммы:

максимальная тяга:  $F_{max}$ ;

минимальная тяга:  $F_{min}$ .

**5.4.3** При заданном угле поворота ВРК  $\delta$  считается, что ВРК создает тягу:

$$F_x = F_0 \cos \delta; \quad (5.4.3-1)$$

$$F_y = F_0 \sin \delta. \quad (5.4.3-2)$$

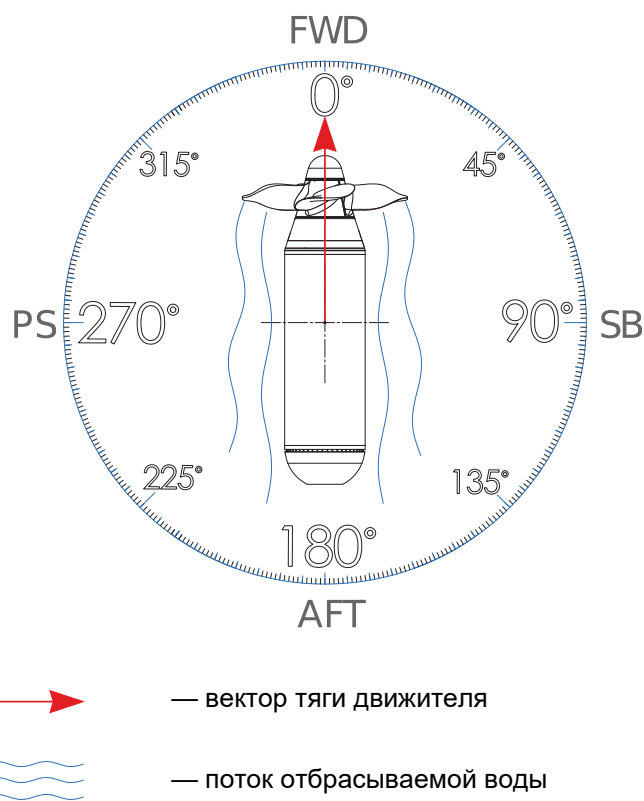


Рис. 5.4.3-1  
Углы поворота ВРК (на примере ВРК с «тянущим» винтом)

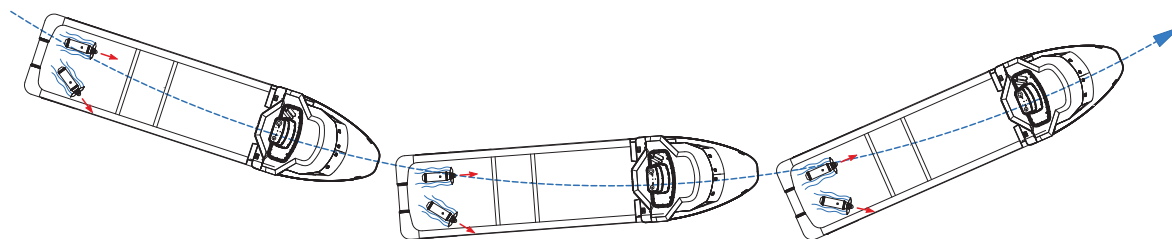


Рис. 5.4.3-2  
Определение угла поворота ВРК (на примере ВРК с «тянущим» винтом)

На [рис. 5.4.3-2](#) показан вариант работы пары ВРК «тянущего» типа. ВРК левого борта находится в положении  $0^\circ$  (прямо вперед), ВРК правого борта находится в положении  $40^\circ$  (отклонена на правый борт). При таком расположении, судно совершает поворот на левый борт.

**5.4.4** Учитываются также ограничения на поворот ВРК — запрещенные диапазоны углов тяги  $[\delta_1, \delta_2]$  (запрещенные сектора). Запрещенные сектора позволяют учесть:

- запрет на работу ВРК так, что поток одной ВРК попадает на другую ВРК;
- запрет на работу ВРК в направлении специализированного оборудования (малозумный режим).

## 5.5 ПОДРУЛИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ТУННЕЛЬНОГО ТИПА

**5.5.1** Швартовная тяга  $F_0$  подруливающих устройств туннельного типа определяется аналогично швартовной тяге гребного винта.

**5.5.2** При вычислении диаграммы удержания учитываются также ограничения на мощность, потребляемую пропульсивными механизмами (гребными винтами, ВРК и подруливающими устройствами). Мощность  $P$  определяется:

выходной мощностью двигателя  $P_0$ ;

потерями при передаче.

**5.5.3** Требуемый момент на валу определяется кривыми действия винта (в точке нулевой поступи):

$$Q = \rho D_p^5 n^2 K_Q(J, H). \quad (5.5.3-1)$$

**5.5.4** Кривые момента могут быть определены по прототипу или как результат испытаний. При этом, потребляемая мощность:

$$P = 2\pi n Q. \quad (5.5.4-1)$$

**5.5.5** Таким образом, для гребных винтов и ВРК фиксированного шага в швартовном режиме:

$$P = P_{max} \left( \frac{RPM}{RPM_{max}} \right)^3, \quad (5.5.5-1)$$

то есть мощность  $P$  и тяга  $F_0$  связаны следующим соотношением:

$$P = k_p F_0^{3/2}. \quad (5.5.5-2)$$

**5.5.6** Коэффициент  $k_p$  отличается при работе винта на передний и задний ход.

**5.5.7** Для гребных винтов регулируемого шага зависимость  $P(F_0)$  более сложная, и при нулевом шаге потребляемая мощность ненулевая.

## 5.6 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 1

**5.6.1** Для ДУ1 силы от средств управления (пропульсивных механизмов) вычисляются в соответствии с [п. 5.6.2](#), а в других случаях могут быть использованы дополнительные данные — например, результаты испытаний.

**5.6.2** Номинальные тяги вычисляются по мощности с учетом коэффициента мощности:

$$F_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \sqrt[3]{(D \cdot P)^2}, \quad (5.6.2-1)$$

где  $D$  — диаметр винта (для подруливающих устройств — диаметр импеллера), м;

$P$  — мощность, отдаваемая двигателем на винт, кВт;

$\eta_1$  коэффициент мощности — зависит от типа пропульсивного механизма ([табл. 5.6.2-1](#));

$\eta_2$  коэффициент потерь — зависит от способа установки ([табл. 5.6.2-2 — 5.6.2-3](#)).

Таблица 5.6.2-1

**Значения коэффициента  $\eta_1$**

Пропульсивный механизм (ПМ)	$\eta_1$
ВРК (в том числе гондольного типа), гребные винты	800
Крыльчатые движители	900
Туннельные подруливающие устройства	900
ВРК с двумя противоположенными винтами	950
ВРК с направляющими насадками, гребные винты с направляющими насадками	1200

Таблица 5.6.2-2

**Значения коэффициента  $\eta_2$  для туннельных ПМ**

Туннельные ПМ	$\eta_2$
Срезанная кромка входного отверстия ПМ с $\alpha \in [20, 50]$ и $b > 0,1D$ (см. <a href="#">рис. 5.6.2</a> )	1,0
Скругленная кромка входного отверстия ПМ с $r > 0,05D$ (см. <a href="#">рис. 5.6.2</a> )	1,07
Остальные туннельные ПМ	0,93

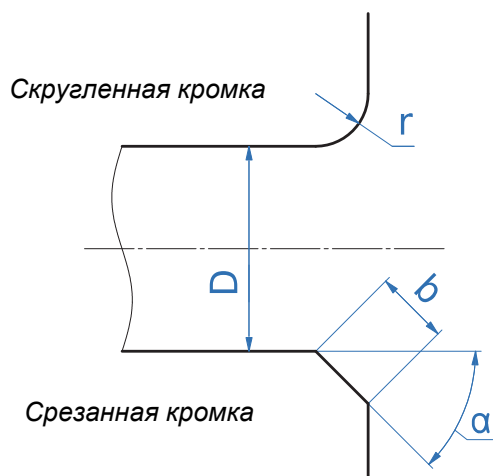


Рис. 5.6.2  
Примеры туннельных ПМ с различными видами кромок

Таблица 5.6.2-3

**Значения коэффициента  $\eta_2$  для остальных типов ПМ**

Направление тяги	$\eta_2$
Тяга вперед	1,0
Обратная тяга для ВФШ без насадки	0,9
Обратная тяга для ВФШ с насадкой	0,7
Обратная тяга для ВРШ без насадки	0,65
Обратная тяга для ВРШ с насадкой	0,5

**5.6.3** Мощность пропульсивного механизма определяется по следующей формуле:

$$P = P_0 \cdot \eta_M, \quad (5.6.3-1)$$

где  $P_0$  — максимальная доступная мощность двигателя в режиме ДП с учетом имеющихся ограничений, кВт;  
 $\eta_M$  — коэффициент полезного действия (табл. 5.6.3).

Таблица 5.6.3

**Значения коэффициента  $\eta_M$**

Пропульсивный механизм	$\eta_M$
Крыльчатые движители	0,91
Туннельные ПМ и ВРК	0,93
Гребные винты	0,97
ВРК гондольного типа	0,98

**5.6.4** Для рулей коэффициенты вычисляются по следующим формулам:

$$f_{XR}(\delta) = C_x \delta^2; \quad (5.6.4-1)$$

$$f_{YR}(\delta) = C_y \delta; \quad (5.6.4-2)$$

$$C_x = 0,02 C_y; \quad (5.6.4-3)$$

$$C_y = 0,0126 k_1 k_2, \quad (5.6.4-4)$$

где угол перекадки руля измеряется в градусах, а коэффициенты  $k_1$ ,  $k_2$  определяются по [табл. 5.6.4-1 — 5.6.4-2](#).

Таблица 5.6.4-1

<b>Коэффициент <math>k_1</math></b>	
Профиль руля	$k_1$
NACA	1,1
Flat side (плоскобокий)	1,1
Hollow (каплеобразный)	1,35
High lift (руль с закрылком)	1,90
Fishtail (рыбий хвост)	1,40
Single plate (плоский руль)	1,21

Таблица 5.6.4-2

<b>Коэффициент <math>k_2</math></b>	
Условия работы руля	$k_2$
Руль за гребным винтом без насадки	1,0
Руль за гребным винтом фиксированного шага в направляющей насадке	1,15



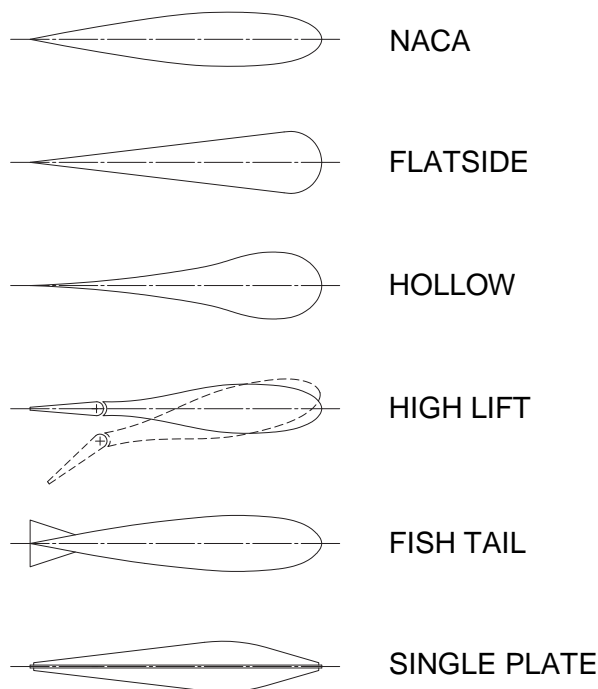


Рис. 5.6.4  
Профили рулей

**5.6.5** Для профилей рулей, которые не рассматриваются в данном разделе, могут быть использованы данные, предоставленные производителем устройства. Такие данные должны быть обоснованы и доступны.

## 5.7 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2

**5.7.1** Используются значения, определенные альтернативным расчетным методом или представленные производителем. Отличия от приведенной методики должны быть отражены в отчете.

## 5.8 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ 2 — НАТУРНАЯ

**5.8.1** Используются значения, определенные по результатам натуральных испытаний.

### ВЕТРОВОЛНОВАЯ СТАТИСТИКА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

1. Представленные данные по Баренцеву и Карскому морю основаны на Справочных данных по режиму ветра и волнения шельфа Баренцева и Карского морей (НД № 2-029901-010).

2. Выражения, указанные в Части II вышеупомянутых НД, для аппроксимаций среднего периода от высоты волны даны для среднего энергетического периода ( $T_{-10}$ ) и высот волн 3% обеспеченности:

$$T_{-10} = A(h_{3\%})^B. \quad (2-1)$$

При пересчете данных выражений для  $T_z$  от  $h_s$  были использованы следующие соотношения:

$$h_{3\%} = 1,32h_s; \quad (2-2)$$

$$T_z = 0,777T_p, \quad T_{-10} = 0,903T_p, \quad \gamma = 3,3; \quad (2-3)$$

$$\frac{T_z}{T_{-10}} = \frac{0,777}{0,903} \approx 0,86, \quad (2-4)$$

тогда:

$$T_z = 0,86 \cdot A(1,32h_s)^B. \quad (2-5)$$

3. В [табл. 1](#) представлены значения значительной высоты ветрового волнения по статистике для Северного моря.

Таблица 1

**Зависимость высоты волны от скорости ветра (Северное море)**

Скорость ветра, м/с	Значительная высота волны $h_s$	Средний период $T_z$
0	0	—
1,5	0,1	2,5
3,4	0,4	3,2
5,4	0,8	3,9
7,9	1,3	4,6
10,7	2,1	5,3
13,8	3,1	6,0
17,1	4,2	6,4
20,7	5,7	7,1
24,4	7,4	7,4
28,4	9,5	8,1
32,6	12,1	8,5

4. В [табл. 2](#) представлены вероятные значения значительной высоты ветрового волнения по статистике для следующих районов:

Гусиная Банка;  
западная часть о. Колгуев;  
Чешская губа;  
Новоземельский желоб;  
Поморский пролив;  
восточная часть моря с Печорской губой.

Таблица 2

**Зависимость высоты волны от скорости ветра (Баренцево море)**

Скорость ветра, м/с	Значительная высота волны $h_s$	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4	Район 5	Район 6
0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,44	0,46	0,44	0,43	0,43	0,42	0,43
7	0,83	0,87	0,85	0,84	0,85	0,80	0,77
10	1,66	1,73	1,71	1,71	1,74	1,62	1,42
12	2,35	2,46	2,44	2,46	2,50	2,31	1,95
15	3,63	3,78	3,78	3,84	3,91	3,58	2,86
17	4,62	4,81	4,83	4,94	5,03	4,58	3,55
20	6,22	6,58	6,64	—	6,96	—	4,70
24	8,82	9,34	9,49	—	10,02	—	6,43

5. В [табл. 3](#) представлены вероятные значения значительной высоты ветрового волнения по статистике для следующих районов:

выход из Обской губы;  
западная часть о. Белый;  
шельф полуострова Ямал;  
Ямало-Югорский район;  
вход в Байдарацкую губу и Байдарацкая губа.

Таблица 3

**Зависимость высоты волны от скорости ветра (Карское море)**

Скорость ветра, м/с	Значительная высота волны $h_s$	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4	Район 5
0	0	0	0	0	0	0
5	0,32	0,32	0,33	0,32	0,33	0,32
7	0,6	0,55	0,60	0,60	0,63	0,62
10	1,15	0,96	1,14	1,18	1,23	1,25
12	1,61	1,29	1,57	1,67	1,74	1,79
15	2,43	1,84	2,34	2,54	2,65	2,77
17	3,06	2,24	2,93	3,22	3,35	3,54
20	4,12	2,90	3,92	4,37	4,55	4,87
24	5,47	3,87	5,42	6,17	6,42	—

Таблица 4

**Зависимость среднего периода  $T_z$  от высоты волны (Баренцево море)**

Значительная высота волны $h_{1/3}$	$T_z$ , с	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4	Район 5	Район 6
0	—	—	—	—	—	—	—
0,3	1,29	1,34	1,30	1,27	1,30	1,28	1,24
1	2,20	2,25	2,23	2,16	2,21	2,18	2,14
2	2,98	3,04	3,04	2,93	3,00	2,96	2,92
3	3,57	3,61	3,65	3,51	3,59	3,54	3,51
4	4,05	4,09	4,16	3,98	4,07	4,02	3,99
6	4,88	4,87	4,99	—	4,86	—	4,79
8	5,57	5,51	5,68	—	5,52	—	—
10	6,15	6,07	6,28	—	6,09	—	—

Таблица 5

**Зависимость среднего периода  $T_z$  от высоты волны (Карское море)**

Значительная высота волны $h_{1/3}$	$T_z$ , с	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4	Район 5
0	—	—	—	—	—	—
0,3	1,96	1,95	1,98	1,94	1,96	1,95
1	3,23	3,12	3,24	3,25	3,28	3,27
2	4,32	4,09	4,31	4,38	4,42	4,41
3	5,12	4,79	5,09	5,22	5,27	5,25
4	5,78	5,36	5,73	5,91	5,96	5,94
6	7,06	—	—	7,03	7,09	7,07
8	8,02	—	—	—	8,03	8,00
10	—	—	—	—	—	—

## **ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТА**

### **СОДЕРЖАНИЕ**

#### **1 ВВЕДЕНИЕ**

- 1.1 Аннотация
- 1.2 Данные о судне

#### **2 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ**

- 2.1 Диаграмма удержания: нагрузка на пропульсивный комплекс на 100%

#### **3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА**

- 3.1 Корпус
- 3.2 Пропульсивные механизмы

#### **4 КОНФИГУРАЦИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

#### **5 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОЗМОЖНОСТИ УДЕРЖАНИЯ СУДНА**

#### **6 ВНЕШНИЕ СИЛЫ ВОЗМУЩЕНИЯ**

- 6.1 Аэродинамические силы
- 6.2 Силы течения
- 6.3 Силы волнового дрейфа
- 6.4 Методика расчета сил, пропульсивные механизмы

#### **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА (ПРИМЕР)**

## **1 ВВЕДЕНИЕ**

### **1.1 АННОТАЦИЯ**

Диаграммы удержания и таблицы, представленные в данном документе, получены с использованием специального программного обеспечения (далее — программа).

Программа рассчитывает возмущающие силы и моменты, являющиеся результатом действия на судно ветра, волн и течения. Суммарные возмущения сравниваются с силами и моментами, которые может создать система пропульсивных механизмов (ПМ). Программа определяет максимальную скорость ветра, при которой возмущения могут компенсироваться работой пропульсивных механизмов. Расчеты производятся в диапазоне курсовых углов ветра 0 — 360 градусов с шагом 10 градусов. Затем в полярных координатах строится диаграмма, показывающая для каждого угла максимальную скорость ветра, при которой судно может удерживаться над точкой позиционирования.

Каждая диаграмма рассчитывается для фиксированной скорости течения. Таким образом, настоящий отчет содержит набор диаграмм удержания для различной скорости течения (обычно скорости течения варьируются в пределах от 0 до 4 узлов).

При динамическом позиционировании рекомендуется ориентировать судно, насколько это возможно, носом или кормой против ветра или течения для минимизации возмущающих сил и моментов.

Приведенные в отчете диаграммы носят оценочный характер и могут отличаться от возможности позиционирования реального судна.

### **1.2 ДАННЫЕ О СУДНЕ**

Название судна: RS TEST;

Длина: 33.2 м;

Ширина: 6,8 м;

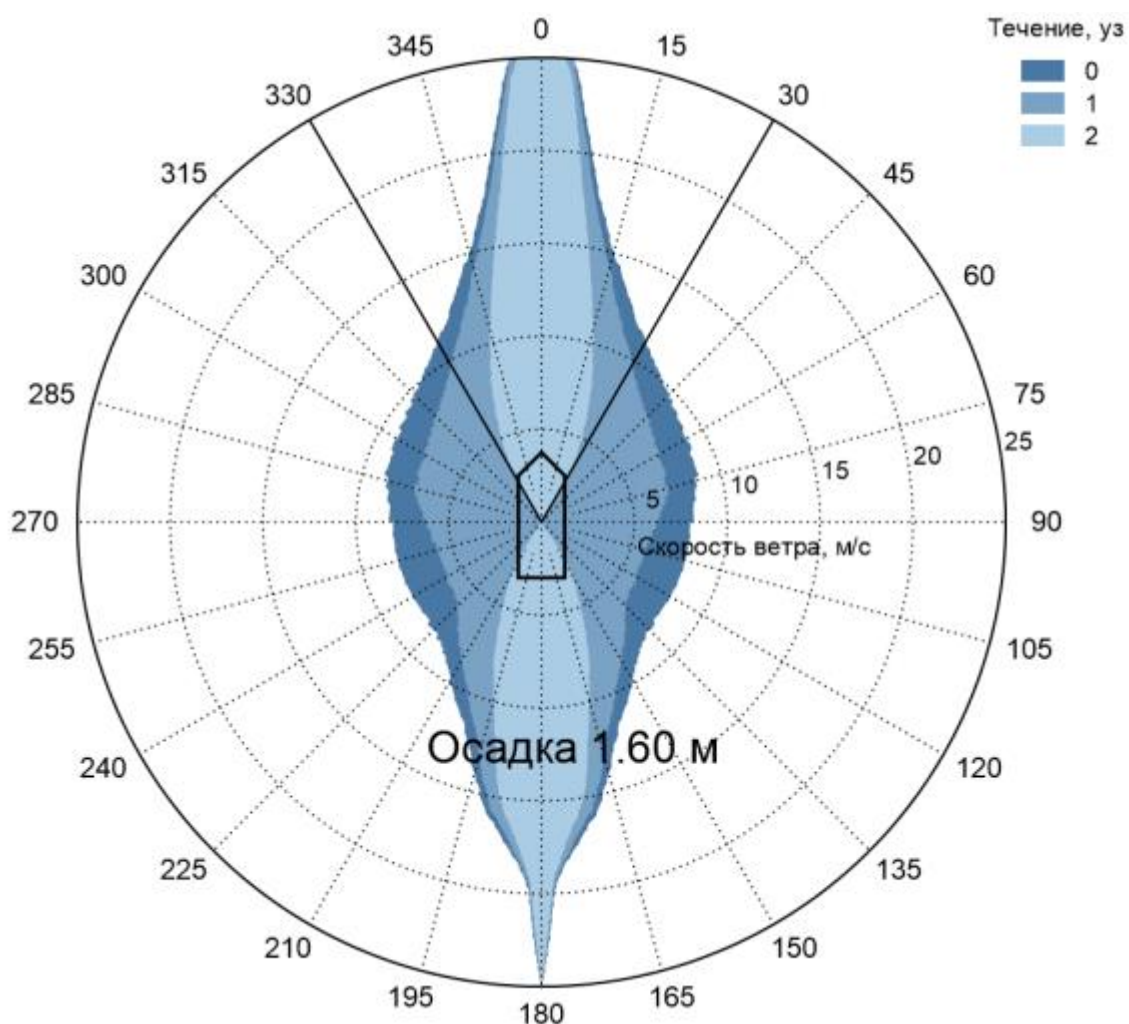
Осадка: 1,60 м.

## 2 ДИАГРАММЫ УДЕРЖАНИЯ

### 2.1 ДИАГРАММА УДЕРЖАНИЯ: НАГРУЗКА НА ПРОПУЛЬСИВНЫЙ КОМПЛЕКС 100%

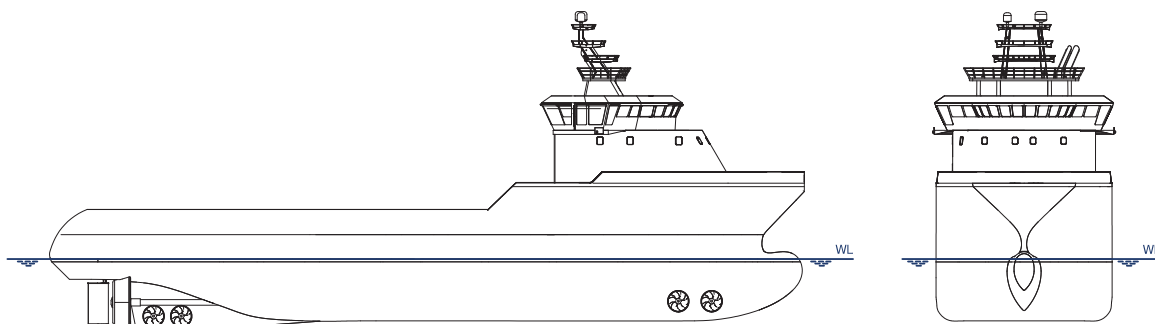
Пропульсивный комплекс	Упор, %
Носовое ПУ	100%
Гребной винт ЛБ	100%
Гребной винт ПБ	100%

Погодные условия	
Макс. скор. ветра	25,0 м/с
Скорость течения	0,0 — 2,0 уз
Глубина	1000,0 м
Сонаправленные возмущения	—
Динамический фактор	1,25



### 3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

#### 3.1 КОРПУС



Название судна: RS TEST

Таблица 3.1

Характеристики корпуса судна

Параметр	Обозначение	Величина
Длина наибольшая	$L_{OA}$	33,2 м
Длина между перпендикулярами	$L_{PP}$	29,4 м
Ширина	$B$	6,8 м
Осадка (рабочая)		1,60 м
Высота от борта до главной палубы		3,4 м
Наибольшая длина погруженной части корпуса	$L_{os}$	30,8 м
Продольная координата $L_{os}/2$	$X_{L_{os}}$	-0,7 м
Условный угол заострения ватерлинии в носу	$\beta$	22,2
Площадь ватерлинии за мидель-шпангоутом	$A_{W, Laft}$	110 м <sup>2</sup>
Площадь парусности поперечная	$A_{F, wind}$	46 м <sup>2</sup>
Площадь парусности продольная	$A_{L, wind}$	142 м <sup>2</sup>
Координаты центра парусности относительно МШ	$X_{L, air}$	0,4 м
Площадь проекции погруженной части на ДП	$A_{L, current}$	44 м <sup>2</sup>
Координата центра погруженной части по отношению к МШ	$X_{L, current}$	0,0 м



### 3.2 ПРОПУЛЬСИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**3.2.1** Характеристики пропульсивных механизмов приведены в [табл. 3.2](#). Мощность соответствует максимальному потреблению в швартовном режиме. Под упором понимается номинальный упор, без каких-либо потерь.

**3.2.2** Нумерация пропульсивных механизмов в таблицах в [приложении А](#) соответствует данной в [табл. 3.2](#).

Винты показаны одновременно с рулями.

X-составляющая соответствует упору винта, Y — боковой силе руля.

Обозначение (АН) означает работу винта вперед, (АС) — работу винта назад.

Таблица 3.2

**Характеристики пропульсивных механизмов**

Параметры									
Пропульсивное устройство		Мощность		Диаметр	Упор, т		Коэффициент	Координаты	
		кВт	л.с.		м	Макс.		Мин.	кг/л.с.
1	Носовое ПУ (ВФШ)	45	60	0,48	0,7	0,0	10,8	11,9	0,0
2	Гребной Винт ЛБ (ВФШ)	279	374	1,15	3,7(АН) 3,4 (АС)	0,0	10,0	-13,9	-1,6
3	Гребной Винт ЛБ: Руль (35°)	—	—	Площадь: 1,0 м <sup>2</sup>	1,1	0,0	—	0,0	-1,6
4	Гребной Винт ПБ (ВФШ)	279	374	1,15	3,7(АН) 3,4 (АС)	0,0	10,0	-13,9	1,6
5	Гребной Винт ПБ: Руль (35°)	—	—	Площадь: 1,0 м <sup>2</sup>	1,1	0,0	—	0,0	1,6

#### 4 КОНФИГУРАЦИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Таблица 4.1

Раздел	Название	Ограничения и запрещенные сектора		
		Носовое ПУ (ВФШ)	Гребной Винт ЛБ (ВФШ)	Гребной Винт ПБ (ВФШ)
<a href="#">Глава 2.1</a>	Нагрузка 100%	100%	100%	100%

## **5 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОЗМОЖНОСТИ УДЕРЖАНИЯ СУДНА**

**5.1** Требования к возможности позиционирования, или погодным ограничениям, как правило, не заявляются классификационными обществами, и ни одно из обществ не указывает ничего о ресурсах мощности и тяги, за исключением, когда они должны быть избыточными в конкретных случаях.

## **6 ВНЕШНИЕ СИЛЫ ВОЗМУЩЕНИЯ**

### **6.1 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ**

**6.1.1** Аэродинамические силы и моменты, действующие на судно, могут быть рассчитаны различными способами. Аэродинамические силы и моменты возникают при движении судна относительно воздуха и действуют на поверхность судна. Ветер является скоростным вихревым потоком воздуха, который имеет пульсирующий характер и является случайной функцией времени. Для упрощения расчетов используется средняя скорость ветра. Скоростью ветра, как правило, называют скорость ветра на высоте 10 м над уровнем моря.

**6.1.2** Методика расчета, рекомендованная РС, указана в [разделе 2 приложения 1](#).

### **6.2 СИЛЫ ТЕЧЕНИЯ**

**6.2.1** Силы воздействия течения могут быть рассчитаны несколькими способами. Однако, результат расчета существенно зависит от выбранных коэффициентов сопротивления. Обычно коэффициенты сопротивления должны быть скорректированы во время ходовых испытаний в целях получения более точных значений

**6.2.2** Методика расчета, рекомендованная РС, указана в [разделе 3 приложения 1](#).

### **6.3 СИЛЫ ВОЛНОВОГО ДРЕЙФА**

**6.3.1** Методика расчета, рекомендованная РС, указана в [разделе 4 приложения 1](#).

### **6.4 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИЛ, ПРОПУЛЬСИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

**6.4.1** Методика, рекомендованная РС, указана в [разделе 5 приложения 1](#).

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА (ПРИМЕР)**

Скорость течения 1,0 уз.

Нагрузка на пропульсивный комплекс 100%

Диаграмма приведена в [главе 2.1 приложения 3](#)

Погодные условия						Данные пропульсивных устройств							
Возмущение	Направление	Значение (м/с, м, уз)	Продольная X сила (кН)	Поперечная Y сила (кН)	Момент Z (кН*м)	Номер устройства	Упор, %	Упор(кН), Направление	Продольный X упор (кН)	Поперечный Y упор (кН)	Момент Z (кН*м)	Мощность (кВт)	Коэффициент потерь
Ветер	0	25,0	-15	0	0	ПМ 1	0	0	0	0	0	0	0,80
Волнение	0	7,7	-17	0	0	ПМ 2	55	16	16	0	26	114	0,79
Течение	0	1,0	0	0	0	ПМ 3	55	16	16	0	-26	114	0,79
Всего			-32	0	0	Всего			32	0	0	227	
Ветер	15	14,2	-5	-5	-39	ПМ 1	100	5	0	5	61	45	0,80
Волнение	15	3,2	-5	-4	-2	ПМ 2	86	25	25	5	-34	221	0,80
Течение	15	1,0	0	-1	-9	ПМ 3	54	14	-14	0	23	112	0,80
Всего			-10	-10	-50	Всего			10	10	50	378	
Ветер	30	9,8	-2	-5	-29	ПМ 1	100	5	0	5	61	45	0,80
Волнение	30	1,8	-3	-4	0	ПМ 2	87	25	25	6	-46	225	0,80
Течение	30	1,0	0	-2	-17	ПМ 3	75	20	-20	0	32	181	0,80
Всего			-5	-11	-46	Всего			5	11	46	451	
Ветер	45	8,0	-1	-4	-21	ПМ 1	100	5	0	5	61	45	0,80
Волнение	45	1,3	-2	-4	1	ПМ 2	82	24	23	7	-54	208	0,80
Течение	45	1,0	0	-3	-19	ПМ 3	77	20	-20	0	33	188	0,80
Всего			-3	-12	-39	Всего			3	12	39	441	

Руководство по расчету диаграмм удержания судов  
с системами динамического позиционирования (DP Capability Plots)

46

Погодные условия						Данные пропульсивных устройств							
Возмущение	Направление	Значение (м/с, м, уз)	Продольная X сила (кН)	Поперечная Y сила (кН)	Момент Z (кН*м)	Номер устройства	Упор, %	Упор(кН), Направление	Продольный X упор (кН)	Поперечный Y упор (кН)	Момент Z (кН*м)	Мощность (кВт)	Коэффициент потерь
Ветер	60	7,2	-1	-4	-15	ПМ 1	100	5	0	5	61	45	0,80
Волнение	60	1,2	-1	-4	3	ПМ 2	84	25	24	8	-68	216	0,80
Течение	60	1,0	0	-4	-15	ПМ 3	82	22	-22	0	35	206	0,80
Всего			-2	-13	-27	Всего			2	13	27	467	
Ветер	75	7,2	0	-5	-9	ПМ 1	100	5	0	5	61	45	0,80
Волнение	75	1,2	-1	-5	5	ПМ 2	91	27	25	9	-86	241	0,80
Течение	75	1,0	0	-4	-9	ПМ 3	90	24	-24	0	38	238	0,80
Всего			-1	-14	-13	Всего			1	14	13	525	
Ветер	90	6,2	0	-4	-2	ПМ 1	69	4	0	4	42	26	0,80
Волнение	90	1,0	0	-4	6	ПМ 2	89	26	25	9	-85	234	0,80
Течение	90	1,0	0	-5	0	ПМ 3	92	24	-24	0	39	245	0,80
Всего			0	-12	4	Всего			0	12	-4	505	
Ветер	105	5,8	0	-3	3	ПМ 1	44	2	0	2	27	13	0,80
Волнение	105	0,9	0	-4	6	ПМ 2	89	26	25	9	-85	234	0,80
Течение	105	1,0	0	-4	9	ПМ 3	95	25	-25	0	40	257	0,80
Всего			0	-11	18	Всего			-0	11	-18	504	
Ветер	120	5,8	0	-3	7	ПМ 1	23	1	0	1	14	5	0,80
Волнение	120	0,9	1	-3	7	ПМ 2	88	26	24	9	-84	230	0,80
Течение	120	1,0	0	-4	15	ПМ 3	96	25	-25	0	41	264	0,80
Всего			1	-10	29	Всего			-1	10	-29	499	
Ветер	135	6,4	1	-3	11	ПМ 1	98	5	0	5	60	44	0,80
Волнение	135	1,0	1	-3	8	ПМ 2	51	13	-13	0	-22	101	0,80
Течение	135	1,0	0	-3	19	ПМ 3	41	12	11	4	-76	74	0,80
Всего			2	-9	38	Всего			-2	9	-38	219	

Руководство по расчету диаграмм удержания судов  
с системами динамического позиционирования (DP Capability Plots)

47

Погодные условия						Данные пропульсивных устройств							
Возмущение	Направление	Значение (м/с, м, уз)	Продольная X сила (кН)	Поперечная Y сила (кН)	Момент Z (кН*м)	Номер устройства	Упор, %	Упор(кН), Направление	Продольный X упор (кН)	Поперечный Y упор (кН)	Момент Z (кН*м)	Мощность (кВт)	Коэффициент потерь
Ветер	150	8,6	2	-4	20	ПМ 1	99	5	0	5	60	44	0,80
Волнение	150	1,5	3	-3	9	ПМ 2	60	16	-16	0	-26	131	0,80
Течение	150	1,0	0	-2	13	ПМ 3	42	12	12	4	-77	76	0,80
Всего			4	-9	42	Всего			-4	9	-42	251	
Ветер	165	13,0	4	-4	30	ПМ 1	99	5	0	5	60	44	0,80
Волнение	165	2,8	7	-4	11	ПМ 2	83	22	-22	0	-35	211	0,80
Течение	165	1,0	0	-1	7	ПМ 3	40	12	11	4	-73	70	0,80
Всего			11	-9	48	Всего			-11	9	-48	324	
Ветер	180	25,0	15	0	0	ПМ 1	0	0	0	0	0	0	0,80
Волнение	180	7,7	27	0	0	ПМ 2	82	21	-21	0	-34	207	0,79
Течение	180	1,0	0	0	0	ПМ 3	82	21	-21	0	34	207	0,79
Всего			43	0	0	Всего			-43	0	0	414	
Ветер	195	13,0	4	4	-30	ПМ 1	99	5	0	-5	-60	44	0,80
Волнение	195	2,8	7	4	-11	ПМ 2	40	12	11	-4	73	70	0,80
Течение	195	1,0	0	1	-7	ПМ 3	83	22	-22	0	35	211	0,80
Всего			11	9	-48	Всего			-11	-9	48	324	
Ветер	210	8,6	2	4	-20	ПМ 1	99	5	0	-5	-60	44	0,80
Волнение	210	1,5	3	3	-9	ПМ 2	42	12	12	-4	77	76	0,80
Течение	210	1,0	0	2	-13	ПМ 3	60	16	-16	0	26	131	0,80
Всего			4	9	-42	Всего			-4	-9	42	251	
Ветер	225	6,4	1	3	-11	ПМ 1	98	5	0	-5	-60	44	0,80
Волнение	225	1,0	1	3	-8	ПМ 2	41	12	11	-4	76	74	0,80
Течение	225	1,0	0	3	-19	ПМ 3	51	13	-13	0	22	101	0,80
Всего			2	9	-38	Всего			-2	-9	38	219	

Руководство по расчету диаграмм удержания судов  
с системами динамического позиционирования (DP Capability Plots)

48

Погодные условия						Данные пропульсивных устройств							
Возмущение	Направление	Значение (м/с, м, уз)	Продольная X сила (кН)	Поперечная Y сила (кН)	Момент Z (кН*м)	Номер устройства	Упор, %	Упор(кН), Направление	Продольный X упор (кН)	Поперечный Y упор (кН)	Момент Z (кН*м)	Мощность (кВт)	Коэффициент потерь
Ветер	240	5,8	0	3	-7	ПМ 1	23	1	0	-1	-14	5	0,80
Волнение	240	0,9	1	3	-7	ПМ 2	96	25	-25	0	-41	264	0,80
Течение	240	1,0	0	4	-15	ПМ 3	88	26	24	-9	84	230	0,80
Всего			1	10	-29	Всего			-1	-10	29	499	
Ветер	255	5,8	0	3	-3	ПМ 1	44	2	0	-2	-27	13	0,80
Волнение	255	0,9	0	4	-6	ПМ 2	95	25	-25	0	-40	257	0,80
Течение	255	1,0	0	4	-9	ПМ 3	89	26	25	-9	85	234	0,80
Всего			0	11	-18	Всего			-0	-11	18	504	
Ветер	270	6,2	0	4	2	ПМ 1	69	4	0	-4	-42	26	0,80
Волнение	270	1,0	0	4	-6	ПМ 2	92	24	-24	0	-39	245	0,80
Течение	270	1,0	0	5	0	ПМ 3	89	26	25	-9	85	234	0,80
Всего			0	12	-4	Всего			0	-12	4	505	
Ветер	285	7,2	0	5	9	ПМ 1	100	5	0	-5	-61	45	0,80
Волнение	285	1,2	-1	5	-5	ПМ 2	90	24	-24	0	-38	238	0,80
Течение	285	1,0	0	4	9	ПМ 3	91	27	25	-9	86	241	0,80
Всего			-1	14	13	Всего			1	-14	-13	525	
Ветер	300	7,2	-1	4	15	ПМ 1	100	5	0	-5	-61	45	0,80
Волнение	300	1,2	-1	4	-3	ПМ 2	82	22	-22	0	-35	206	0,80
Течение	300	1,0	0	4	15	ПМ 3	84	25	24	-8	68	216	0,80
Всего			-2	13	27	Всего			2	-13	-27	467	
Ветер	315	8,0	-1	4	21	ПМ 1	100	5	0	-5	-61	45	0,80
Волнение	315	1,3	-2	4	-1	ПМ 2	77	20	-20	0	-33	188	0,80
Течение	315	1,0	0	3	19	ПМ 3	82	24	23	-7	54	208	0,80
Всего			-3	12	39	Всего			3	-12	-39	441	



Руководство по расчету диаграмм удержания судов  
с системами динамического позиционирования (DP Capability Plots)

49

Погодные условия						Данные пропульсивных устройств							
Возмущение	Направление	Значение (м/с, м, уз)	Продольная X сила (кН)	Поперечная Y сила (кН)	Момент Z (кН*м)	Номер устройства	Упор, %	Упор(кН), Направление	Продольный X упор (кН)	Поперечный Y упор (кН)	Момент Z (кН*м)	Мощность (кВт)	Коэффициент потерь
Ветер	330	9,8	-2	5	29	ПМ 1	100	5	0	-5	-61	45	0,80
Волнение	330	1,8	-3	4	0	ПМ 2	75	20	-20	0	-32	181	0,80
Течение	330	1,0	0	2	17	ПМ 3	87	25	25	-6	46	225	0,80
Всего			-5	11	46	Всего			5	-11	-46	451	
Ветер	345	14,2	-5	5	39	ПМ 1	100	5	0	-5	-61	45	0,80
Волнение	345	3,2	-5	4	2	ПМ 2	54	14	-14	0	-23	112	0,80
Течение	345	1,0	0	1	9	ПМ 3	86	25	25	-5	34	221	0,80
Всего			-10	10	50	Всего			10	-10	-50	378	

Российский морской регистр судоходства

**Руководства по расчету диаграмм удержания судов  
с системами динамического позиционирования  
(DP Capability Plots)**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»  
191181, г. Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 7, литера А  
[www.rs-class.org/ru/](http://www.rs-class.org/ru/)