



**СПБРФСОО «АССОЦИАЦИЯ КРЕЙСЕРСКО-ГОНОЧНЫХ ЯХТ КЛАССА «Л-6»**

ASSOCIATION OF CLASSIC WOODEN YACHTS «L-6»  
ИНН 7801269729, КПП 780101001, ОГРН 1107800002793  
199106, г. Санкт-Петербург, Шкиперский проток, дом № 12  
E-mail: ass-l6@yandex.ru; andrey.a.berezkin@yandex.ru; www.l-6.org

РС	120 ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ BRANCH OFFICE	RS
ОДОБРЕНО		APPROVED
письмом		by letter
No. 120-019-Ф-8875 от 16.01.2020		
дата / date 16.01.2020		
113		

## Информация об остойчивости спортивного парусного судна «ЛИЛИЯ» РС № 512213

Подп. и дата
Взаим. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Расчеты выполнил  
**Манухин Вадим Анатольевич**

доцент кафедры Строительной механики корабля  
Санкт-Петербургского государственного морского технического университета  
кандидат технических наук  
яхтенный капитан  
мастер спорта России

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РОСТ.002.Л-6	Лист

# СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ОБОЗНАЧЕНИЯ	4
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
4. ОБЩИЙ ВИД И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯХТ КЛАССА Л-6	8
5. О РАСЧЕТАХ ОСТОЙЧИВОСТИ ПАРУСНЫХ ЯХТ	12
6. ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	13
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $Z_g$	14
7.1. Непосредственное вычисление $Z_g$	14
7.2. Определение $Z_g$ по результатам взвешивания и кренования яхт	16
8. СТАТИЧЕСКАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ	26
8.1. Диаграмма статической остойчивости	26
8.2. Зависимость статического угла крена от скорости ветра	27
8.3. Оценка влияния веса экипажа и запасов	32
9. ДИНАМИЧЕСКАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ	36
10. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОЦЕНОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ	41
11. ПОСАДКА И ОСТОЙЧИВОСТЬ ЯХТЫ ПРИ УГЛЕ КРЕНА 90°	43
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ ПАРУСНЫХ ЯХТ	45
12.1. Требования ISAF	45
12.2. Требования RMPС	48
12.3. Требования ГИМС	50
13. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ	52
14. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ	54
15. ВЫВОДЫ	55
16. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	67

Инв.№ подл.	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Проект морской килевой крейсерско-гоночной яхты класса Л-6 был разработан в 1958 г. конструктором Ленинградской экспериментальной спортивной судовой верфи ВСДСО профсоюзов (ЛЭС ВЦСПС) по действующим на тот момент Правилам классификации и обмера килевых яхт СССР.

В 1962 г. в связи с успехом советских яхтсменов на международных соревнованиях на государственном уровне было принято решение о постройке большой серии крейсерско-гоночных яхт [1]. Из двух имевшихся тогда в СССР проектов морских яхт, а именно: проекта Л-6 А.П.Киселева (ЛЭС ВЦСПС) и проекта CR-8 Н.В.Григорьева (Центральная лаборатория спортивного инвентаря в Москве (ЦЛСИ), позже переименованная во Всесоюзный институт спортивно-туристских изделий - ВИСТИ), был выбран проект яхты Л-6 А.П.Киселева. Одним из факторов отказа от проекта яхты класса CR-8 явилось то, что этот проект создавался Н.В.Григорьевым по Правилам Международных «метровых» классов яхт «mR», и постройка большой серии таких яхт обошлась бы намного дороже.

После доработки в 1962 г. А.П. Киселевым своего проекта яхты Л-6 1958 года в соответствии с вышедшими в 1960 г. новыми Правилами классификации и постройки килевых яхт СССР на ЛЭС ВЦСПС под руководством В.В.Чайкина (после скропостижной смерти А.П.Киселева в декабре 1962 г. над проектом Л-6 продолжал работать В.В.Чайкин) в 1963 г. была разработана технология и подготовлена оснастка для крупносерийного производства яхт. К концу года были построены первые три яхты класса Л-6 «Ангара», «Слава» и «Дружба», причем головная яхта «Ангара» была спущена на воду и испытана в октябре 1963 г. По результатам постройки и испытаний яхты в проект были внесены некоторые усовершенствования, и с 1964 г. верфь стала ежегодно передавать заказчикам от 6 до 8 яхт класса Л-6.

В 1971 и 1975 гг. проект Л-6 по результатам многолетней эксплуатации яхт в гонках и крейсерских плаваниях под руководством В.В.Чайкина незначительно модернизировался в направлении повышения мореходности и обитаемости. Обводы корпуса при этом не изменялись.

Яхты класса Л-6 строились с 1963 по 1976 гг. Всего на ЛЭС ВЦСПС за эти годы было построено 98 яхт. Еще одна 99-я яхта была построена по чертежам ЛЭС в 1976 г. в мастерских херсонского яхт-клуба.

Интв.№ подл.	Подп. и дата	Интв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

Яхты активно эксплуатировались на Балтийском, Черном, Белом и Азовском морях, на Дальнем Востоке, на Волге и Каме. Они ежегодно участвовали во всесоюзных гонках крейсерских яхт на Кубок Балтийского моря, на Кубок Черного моря, на Кубок залива Петра Великого, на Кубок Волги и др.

Некоторые яхты класса Л-6 совершали плавания по Северному и Берингову морям. В 1996-1997 гг. калининградская яхта класса Л-6 «Арктика» под командованием В.С.Горшкова совершила плавание из Калининграда в Севастополь вокруг Европы и по внутренним водам от Севастополя до Калининграда.

В 2001 г. была создана и зарегистрирована Ассоциация крейсерско-гоночных яхт класса Л-6. Переработаны и вновь утверждены Правила класса Л-6. Яхты поддерживаются экипажами в хорошем состоянии и активно эксплуатируются в настоящее время. Большинство из них зарегистрированы в ГИМС.

Опыт многолетней активной эксплуатации яхт класса Л-6 на акваториях различных морей и водоемов, успешные выступления в соревнованиях, в том числе международных, подтверждают заложенные в проекте А.П.Киселева их высокие гоночные и мореходные качества.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 2. ОБОЗНАЧЕНИЯ

В расчете остойчивости яхты класса Л-6 приняты следующие обозначения:

$G$  – весовое водоизмещение, кг;

$V$  – объемное водоизмещение, м<sup>3</sup>;

$L$  – длина корпуса, м;

$B$  – ширина корпуса, м;

$D$  – высота корпуса, м;

$T$  – осадка, м;

ВЛ – ватерлиния;

КВЛ – конструктивная ватерлиния;

ДП – диаметральной плоскость;

ОП – основная плоскость;

ЦТ – центр тяжести;

ЦВ – центр величины;

ЦП – центр парусности;

ЦБС – центр бокового сопротивления;

НМП – начальный метацентр поперечный;

НМРП – начальный метацентрический радиус поперечный;

НМВП – начальная метацентрическая высота поперечная;

$Z_g$  – аппликата ЦТ яхты от ОП при отсутствии крена, м;

$Z_c$  – аппликата ЦВ яхты от ОП при отсутствии крена, м;

$Z_0$  – аппликата НМП яхты от КВЛ при отсутствии крена, м;

$Z_D$  – аппликата ЦБС яхты от ОП при отсутствии крена, м;

$Z_A$  – аппликата ЦП яхты от ОП при отсутствии крена, м;

$R_0$  – значение НМРП, м;

$h_0$  – значение НМВП, м;

$S_{квл}$  – величина площади КВЛ, м<sup>2</sup>;

$I_{xx}$  – величина момента инерции площади КВЛ относительно ДП, м<sup>4</sup>;

$ZV$  – величина статического момента объема  $V$  относительно ОП, м<sup>4</sup>;

$l_{ст}$  – плечо статической остойчивости, м;

$l_{дин}$  – плечо динамической остойчивости, м;

$l_{\phi}$  – плечо остойчивости формы, м;

$l_{в}$  – плечо остойчивости веса, м;

Подп. и дата					<p>РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6</p>	Лист
Взаим.инв. №						5
Инв.№ дубл.						
Подп. и дата						
Инв.№ подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$\Theta$  – угол крена, град;  
 $h$  – возвышение ЦП над ЦБС при отсутствии крена, м;  
 $M_{кр}$  – кренящий момент, кг·м;  
 $M_в$  – восстанавливающий момент, кг·м;  
 $DISPL$  – величина водоизмещения <sup>\*)</sup>, кг;  
 $LWL$  – длина ВЛ <sup>\*\*)</sup>, м;  
 $BWL$  – ширина ВЛ <sup>\*\*)</sup>, м;  
 $BMAX$  – ширина корпуса максимальная, м;  
 $LOA$  – длина корпуса максимальная, м;  
 $FMD$  – высота надводного борта на миделе, м;  
 $RM$  – начальный кренящий момент на 1 градус <sup>\*\*)</sup>, кг·м/град;  
 $W$  – скорость истинного ветра, м/с;  
 $SA$  – обмерная площадь парусности, м<sup>2</sup>;  
 $S_{BC}$  – площадь бокового сопротивления, м<sup>2</sup>;  
 $d$  – осадка корпусом в обмерном состоянии, м;  
 $STIX$  – индекс остойчивости по ISO 12217-2;  
 $AVS, LPS$  – угол заката диаграммы статической остойчивости, град;

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

<sup>\*)</sup> Значение определяется из опыта по взвешиванию яхты в обмерном состоянии согласно Правилам класса Л-6.  
<sup>\*\*)</sup> Значение определяется из опыта по кренованию яхты в обмерном состоянии согласно Правилам класса Л-6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						6

### 3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Среди немногочисленных сохранившихся материалов по проекту яхты класса Л-6 имеется несколько десятков оригиналов чертежей и рабочая тетрадь конструктора яхты - А.П.Киселева. Каких-либо расчетов по оценке остойчивости яхты в них не содержится.

В нижеприведенных расчетах использованы следующие документы:

- Оригинальные чертежи яхты класса Л-6:
  - Л6-00-00а Яхта Л-6. Общий вид и парусность (обмерный чертеж)
  - Л6-00-00 Общий вид и парусность (уменьшенная копия)
  - Л6М.00.00СБ Яхта Л-6М и парусность
  - Л6-00-Т1 Килевая яхта Л-6. Теоретический чертеж
  - Л6-00-Т2 Яхта Л-6. Таблица плазовых ординат
  - Л6-30-00 Фальшкиль
- Мерительные свидетельства некоторых яхт класса Л-6:
  - IOR-TOTD № 668.003/Ника, дата 07.05.1998, меритель № 209 Алексеев В.В.
  - IOR-TOTD № 671.003/Онега, дата 05.01.1999, меритель № 116 Чайкин В.В.
  - IOR-TOTD. № 2845.002/Марс, дата 31.05.1984, меритель № 191 Малиновский В.А.
  - RS-2000. № RUS-668-01/Ника, дата 08.09.2000, меритель № 209 Алексеев В.В.
  - RS-2000. № RUS-671/1/Онега, дата 05.09.2001, меритель № 209 Алексеев В.В.
  - RS-2000. № RUS-803/Лилия, дата 10.08.2000, меритель № 116 Чайкин В.В.
- Результаты взвешивания некоторых яхт Ассоциации класса Л-6 при подъеме краном на берег в октябре 2014 г. (по данным Ассоциации яхт класса Л-6)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

#### 4. ОБЩИЙ ВИД И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯХТ КЛАССА Л-6



Рис.1 Яхта класса Л-6 «Лилия»

(год постройки 1970, заводской № 56)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

8

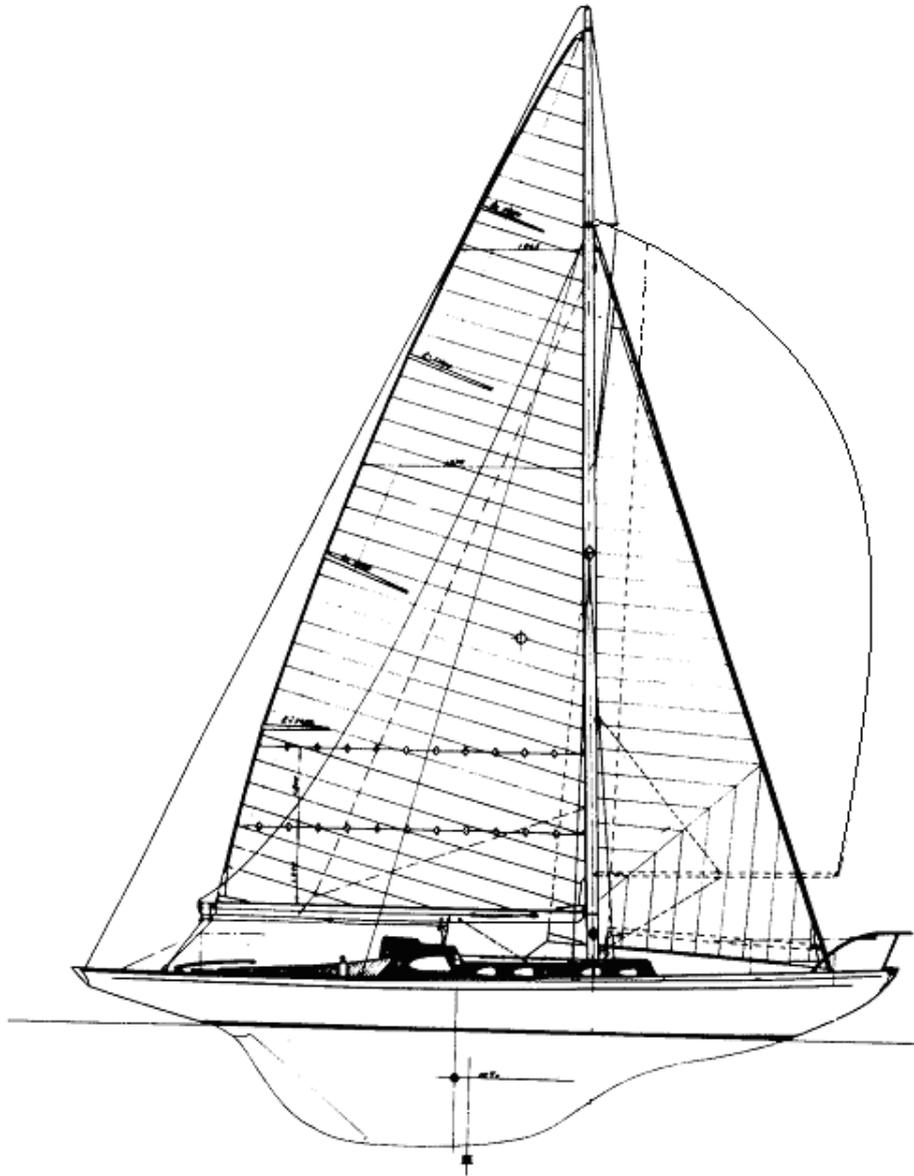


Рис.2 Общий вид серийной яхты Л-6 выпуска 1963 г.

Яхта класса Л-6 является морской килевой яхтой с классической формой корпуса и киля и с бермудским парусным вооружением типа шлюп (Рис.1-3). Основные характеристики яхты приведены в Табл.1-2 [1]. Яхта имеет сравнительно низкую проектную энерговооруженность  $SA/V=9,0 \text{ м}^2/\text{т}$  (в настоящее время  $10,7 \text{ м}^2/\text{т}$ ), вес балластного фальшкиля составляет 50% водоизмещения.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

9

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

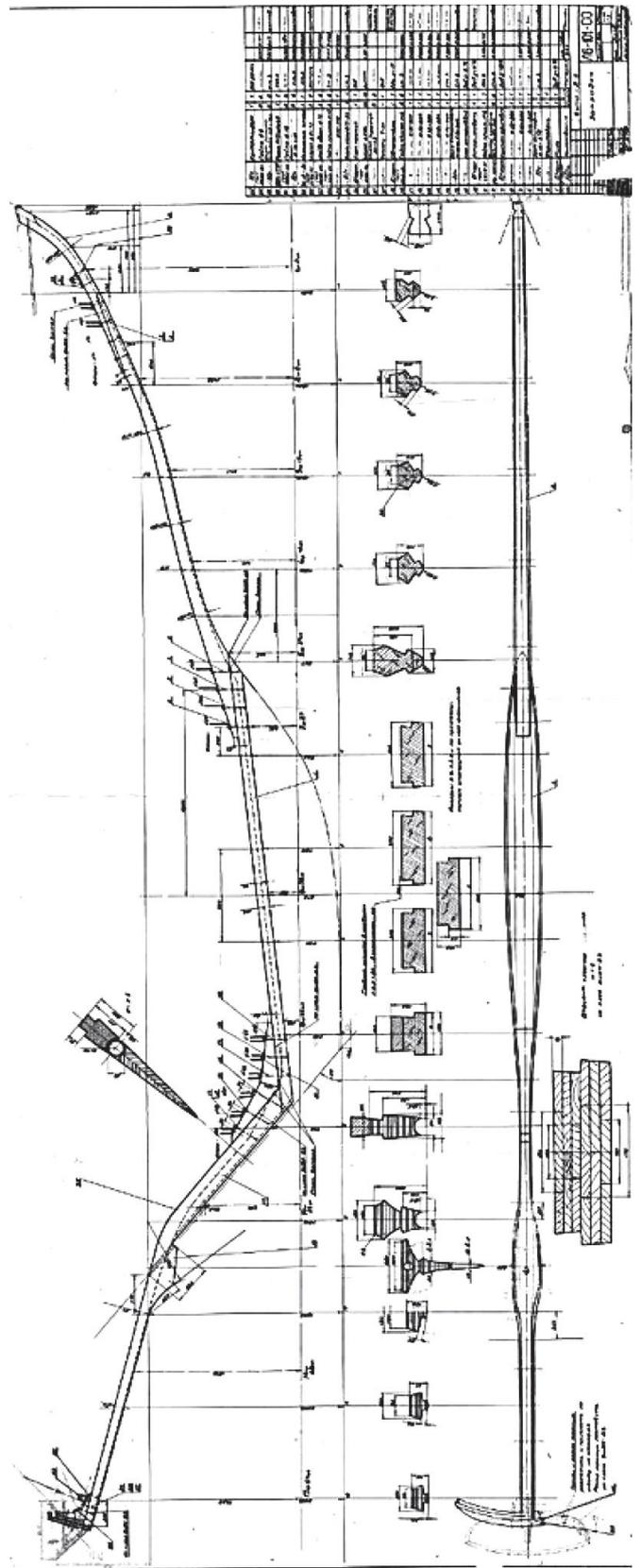
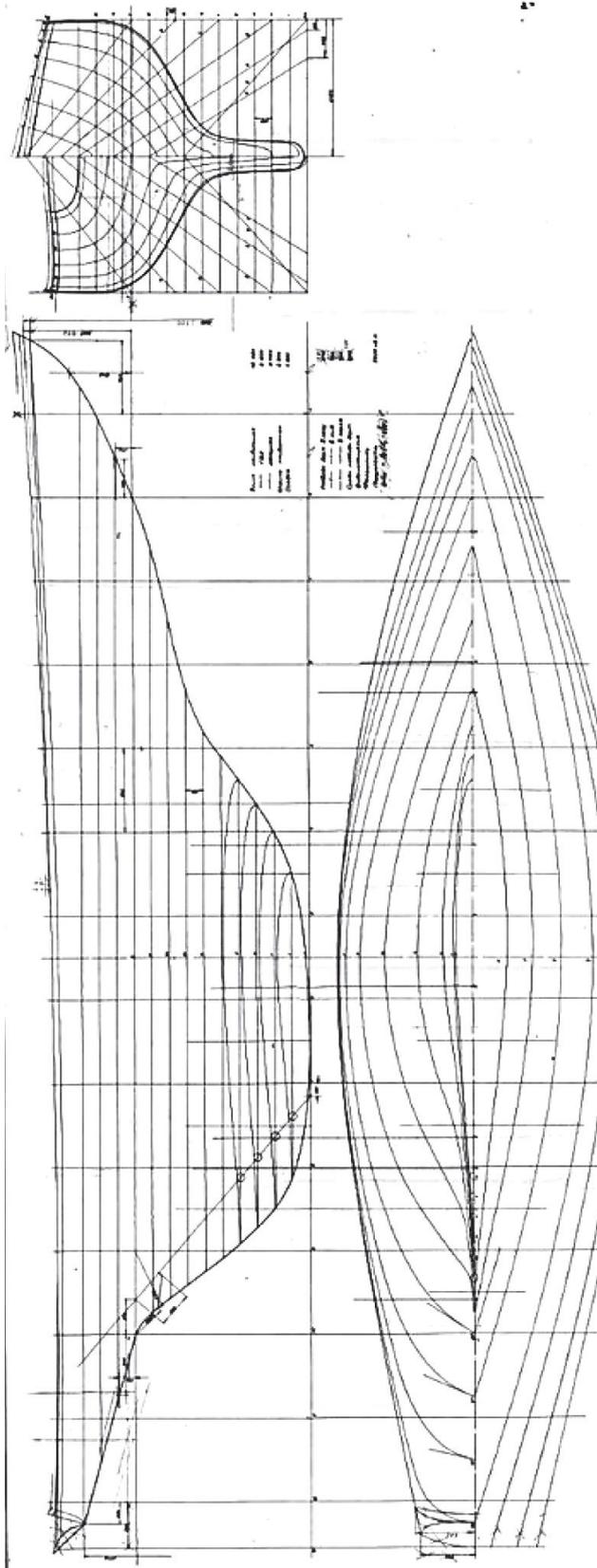


Рис.3 Теоретический чертеж и чертеж закладки яхты класса Л-6

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

10

Основные данные яхты класса Л-6 проекта 1963 г. [1]

Длина наибольшая, м	12,50
Длина по КВЛ, м	8,60
Ширина наибольшая, м	2,80
Ширина по КВЛ, м	2,62
Осадка, м	1,80
Высота надводного борта, м:	
— в носу	0,975
— на миделе	0,784
— в корме	0,760
Водоизмещение, м <sup>3</sup>	6,55
Вес фальшкиля (чугун), т	3,30
Обмерная площадь парусности (грот, стаксель), м <sup>2</sup>	59
Смоченная поверхность, м <sup>2</sup>	26,8
Коэффициенты полноты: $\alpha = 0,664$ ; $\beta = 0,331$ ; $\delta = 0,162$	

Таблица 2

Результаты взвешивания при подъеме яхт краном на берег в октябре 2014 г.  
(по данным Ассоциации яхт класса Л-6)

Яхта	Проект	Вес, кг			Примечания
		Корпус	Мачта	Общий вес	
«Амур»	Л-6 проект 1971 г.	6700	-	-	Вес корпуса без якоря и лееров. Мачта не взвешивалась
«Варяг»	Варяг, проект 1974 г.	6950	-	-	Вес корпуса. Мачта не взвешивалась
«Дельта»	Алькор, проект 1976 г.	7400	212	7612	-
«Кареджи»	Л-6 проект 1964 г.	6800	204	7004	-
«Куба»	Л-6 проект 1964 г.	6600	184	6784	Вес мачты без штагпирса
«Лена»	Л-6 проект 1964 г.	-	-	7250	С мачтой и лишними вещами приблизительно на 200 кг
«Онега»	Л-6 проект 1964 г.	6300	186	6486	Без лебедок, лееров, гиков и части оборудования
«Уссури»	Л-6 проект 1964 г.	-	-	6700	С мачтой, без всех гиков, лееров и части оборудования
Осредненные веса		6790	197	6939	
Только для проекта Л-6		6600	191	6805	

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	11

## 5. О РАСЧЕТАХ ОСТОЙЧИВОСТИ ПАРУСНЫХ ЯХТ

Остойчивостью парусной яхты называется ее способность сопротивляться крену и дифференту. Различают продольную и поперечную остойчивость. Особое внимание для однокорпусных яхт уделяется обеспечению поперечной остойчивости, поскольку от нее зависит способность яхты нести паруса и как следствие ее ходовые качества, так и безопасность в экстремальных условиях.

Для сравнительно узких килевых яхт с классической формой корпуса, к которым относятся и яхты класса Л-6, поперечная остойчивость обеспечивается достаточно большим весом и низким расположением балластного фальшкиля, составляющего 50% и более от водоизмещения яхты. Тем самым достигается снижение ЦТ яхты и увеличение плеча восстанавливающего момента при крене яхты.

Чтобы количественно оценить остойчивость яхты необходимо знать величины и характер зависимостей от угла крена кренящего и восстанавливающего моментов. Кренящий момент создается аэродинамической силой дрейфа, возникающей на парусах при их обтекании ветром, и противодействующей ей гидродинамической силой бокового сопротивления корпуса и зависит от возвышения ЦП над ЦБС яхты. Восстанавливающий момент создается парой сил веса и плавучести яхты и зависит от плеча этой пары – плеча остойчивости. Более остойчивой считается яхта способная в широком диапазоне погодных условий при одинаковом крене, водоизмещении и прочих равных условиях нести большую площадь парусов или при одинаковой площади парусности имеющая меньший статический или динамический крен. Вероятность опрокидывания при сильном шквале или значительном волнении у более остойчивой яхты существенно меньше.

В настоящее время считается, что мерой остойчивости парусной яхты являются параметры ее диаграммы статической остойчивости в диапазоне угла крена от 0 до 180°. По этой диаграмме может быть оценена начальная остойчивость и остойчивость на больших углах крена, заливаемость, вероятность опрокидывания и возможность спрямления опрокинутой яхты. В тоже время каких-либо официальных общепринятых методик расчетов остойчивости парусных яхт до сих пор не существует. При проектировании яхт и оценке их остойчивости обычно руководствуются национальными правилами, либо международными соглашениями.

Приводимые ниже расчеты и оценка остойчивости яхты класса Л-6 выполняются на основе сохранившихся оригинальных теоретических чертежей корпуса и фаль-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

шкиля, чертежей рангоута и парусности. Отдельные вычисления базируются на мерительных свидетельствах конкретных яхт класса Л-6, в которых приведены обмерные данные по взвешиванию и кренованию яхт. В расчетах аппликаты ЦТ также используются данные Ассоциации класса Л-6 по взвешиванию некоторых яхт при подъеме краном на берег в октябре 2014 г.

Оценка поперечной остойчивости производится на основе полученных в данном расчете диаграмм статической и динамической остойчивости и их параметров. Для сравнения приводятся имеющиеся в литературе экспериментальные и статистические данные, эмпирические зависимости по остойчивости близких по характеристикам килевых яхт и тестовый расчет ORC (Offshore Racing Congress) диаграммы статической остойчивости для яхты класса Л-6 «Лилия» (Приложение 2).

Оцифровка теоретического чертежа корпуса яхты класса Л-6, расчеты элементов плавучести и диаграммы статической остойчивости для яхты класса Л-6 выполнены по просьбе автора А.Л.Ходоровским. Часть расчетов выполнена автором «вручную» по теоретическому чертежу. Им же проведена обработка всех полученных результатов расчетов, сформулированы выводы и оформлен данный отчет.

## 6. ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Поскольку все модификации яхты класса Л-6 имеют одинаковые обводы и практически одни и те же размеры корпусов, рангоута и парусов, строились по единым чертежам на одной и той же верфи (кроме яхты «Таласса», построенной в Херсоне) по единой технологии и на единой оснастке, имеют незначительные различия в водоизмещении и высоте борта, полученные результаты обобщаются на все без исключения яхты класса Л-6 первоначального проекта 1962-1964 гг. и его модификаций 1971 и 1975 гг.

Результаты данного расчета остойчивости не распространяются на яхты Ассоциации класса Л-6, построенные по проектам «Варяг», «Былина» и «Алькор». Несмотря на то, что эти яхты имеют близкие с яхтами Л-6 размерения, водоизмещение и площадь парусности, обводы их корпусов существенно отличаются от обводов корпуса яхт Л-6.

Подп. и дата						
Взаим.инв. №						
Инв.№ дубл.						
Подп. и дата						
Инв.№ подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						13

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $Z_g$

Для построения диаграммы статической остойчивости необходимо знать  $Z_g$  - отстояние ЦТ от ОП. Воспользуемся способом непосредственного вычисления положения ЦТ и способом, основанным на результатах опытов по кренованию яхт.

### 7.1. Непосредственное вычисление $Z_g$

Непосредственное вычисление  $Z_g$  основано на равенстве нулю суммарного момента весов фальшкиля  $G_{\phi}$ , корпуса  $G_k$ , рангоута с такелажем  $G_p$  и полного веса яхты  $G$  равного сумме весов  $G_{\phi}$ ,  $G_k$  и  $G_p$  относительно ОП при расположении яхты, показанном на Рис.4. Это условие позволяет найти  $Z_g$  по следующей формуле

$$Z_g = \frac{G_{\phi}Z_{\phi} + G_kZ_k + G_pZ_p}{G} \quad (1)$$

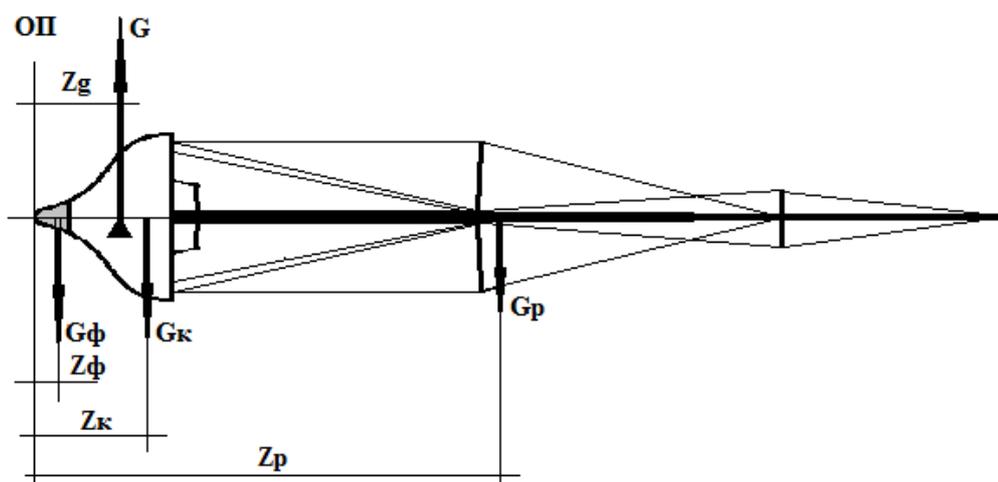


Рис.4. К вычислению ЦТ яхты

Величины водоизмещения в пресной воде и вес фальшкиля яхт класса Л-6 по данным Табл.1 составляют  $G = 6550$  кг и  $G_{\phi} = 3300$  кг. Однако данное водоизмещение является расчетным, а вес фальшкиля осредненным. Водоизмещение определено по теоретическому чертежу яхты при осадке по КВЛ равной 1,80 м. Фактически, по данным Табл.2 построенные яхты имеют несколько большее водоизмещение. Это

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						14

вызвано тем, что, во-первых: изготовленные на разных заводах фальшкили имели значительный разброс весов [1], во-вторых: для обшивки яхт использовались сосна, лиственница, кедр и даже красное дерево («Амур», «Енисей»), в-третьих: веса яхт в Табл.2 определены в конце сезона при повышенной влажности деревянных корпусов.

Вес рангоута и такелажа складывается из весов мачты с оковками, лебедками и краспицами, грота-гика, стоячего и бегучего такелажа, талрепов. Оковки мачты, лебедки, талрепы изготовлены из нержавеющей или оцинкованной стали, стоячий такелаж - из стальных тросов. Краспицы обычно трубчатые стальные или сплошные дубовые. Мачты имеют высоту над палубой 15 м переменное по высоте поперечное сечение, площадь которого уменьшается от шпора к топу. Длина грота-гика составляет 5,5 м, а его поперечное сечение постоянно по длине. Мачты и гики в большинстве своем изготовлены из алюминиево-магниевого сплава или из ели и имеют пустотелое поперечное сечение. Средний вес рангоута с такелажем  $G_p$  яхты класса Л-6 по расчетам и по данным Табл.2 практически совпадает и составляет около 200 кг.

Вес корпуса  $G_k$  без фальшкиля и рангоута можно определить как разность  $G - G_{\phi} - G_p$ , которая при проектном водоизмещении составляет 3050 кг, а при среднем фактическом - 3300 кг

Аппликату ЦТ фальшкиля можно вычислить точно по его теоретическому чертежу или приближенно по его размерам и форме. Аппликату ЦТ рангоута можно рассчитать по весам и ЦТ отдельных составляющих мачты, грота-гика и стоячего такелажа. Аппликату ЦТ корпуса расчетным путем определить гораздо труднее в связи со сложной геометрической формой и насыщенностью корпуса различными конструктивными элементами.

В данном оценочном расчете можно принять ориентировочные значения указанных аппликат равные  $Z_{\phi} = 0,45-0,55$  м;  $Z_p = 7,5-8,0$  м;  $Z_k = 1,6-2,3$  м. Подставляя в формулу (1) приведенные выше значения параметров, получим возможный диапазон значений  $Z_g$  равный

$$Z_g = 1,2 \dots 1,6 = 1,4 \pm 0,2 \text{ м.}$$

Подп. и дата						
Взаим.инв. №						
Инв.№ дубл.						
Подп. и дата						
Инв.№ подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;">РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6</p>	Лист
						15

## 7.2. Определение $Z_g$ по результатам взвешивания и кренования яхт

При проведении обмера яхт производится их взвешивание на кране с динамометром и кренование по указанной в Правилах обмера или Правилах класса методике. При этом яхта должна находиться в обмерном состоянии, указанном в Правилах обмера или Правилах класса. Обычно при этом яхта должна иметь на борту свое штатное оборудование, расположенное на штатных местах, но без экипажа, запасов воды, топлива, парусов, съемного спасательного оборудования, инструментов, запасных частей, спальных принадлежностей, личных вещей, посуды и продовольствия.

В мерительное свидетельство яхты по Правилам обмера RS-2000 записывалась величина водоизмещения  $DISPL$ , равного измеренному весу яхты, и величина кренящего на 1 градус момента  $RM$ , полученного при креновании. В мерительное свидетельство по Правилам обмера IOR-TOTD записывалась только величина  $RM$ , а величина водоизмещения рассчитывалась по измеренным высотам надводного борта  $FMD$ .

В Табл.3-4 приведены значения  $DISPL$  и  $RM$ , взятые из мерительных свидетельств некоторых яхт класса Л-6 для пресной воды, и вычисленные по формуле (2) значения НМВП.

Таблица 3

Значения  $DISPL$  и  $RM$  по мерительным свидетельствам IOR\_TOTD

Яхта	«Марс»	«Ника»	«Онега»
$FMD$ , м	0,770	0,853	0,736
$D$ , м	2,579	2,629 <sup>*)</sup>	2,579
$T$ , м	1,809	1,776	1,843
$DISPL$ , кг	6649	6160	7178
$RM$ , кгм/град	120,279	92,978	102,891
$h_0$ , м	1,036	0,865	0,821

Таблица 4

Значения  $DISPL$  и  $RM$  по мерительным свидетельствам RS-2000

Яхта	«Лилия»	«Ника»	«Онега»
$DISPL$ , кг	6410	7480	7110
$RM$ , кг·м/град	97,23	92,98	97,95
$h_0$ , м	0,869	0,712	0,789

<sup>\*)</sup> Яхты обр.1971 г. имеют высоту борта на 50 мм больше, чем яхты обр.1964 г.

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						16

По значениям  $DISPL$  и  $RM$  можно вычислить НМВП. Ее значение  $h_0$  определяется формулой

$$h_0 = \frac{RM \cdot 57,3}{DISPL}, \text{ м} \quad (2)$$

Вычисления по формуле (2) и данным Табл.3-4 дают разброс значений  $h_0$  в диапазоне равном

$$h_0 = 0,712 \dots 1,036 = 0,874 \pm 0,162 \text{ м.}$$

Далее для вычисления  $Z_g$  можно использовать известную формулу теории корабля

$$h_0 = Z_c + R_0 - Z_g, \quad (3)$$

из которой получаем

$$Z_g = Z_c + R_0 - h_0. \quad (4)$$

Входящие в формулу (4) аппликата ЦВ и значение НМРП можно вычислить по формулам теории корабля

$$Z_c = \frac{ZV}{V} \text{ и } R_0 = \frac{I_{xx}}{V}. \quad (5)$$

Вычисление величин  $ZV$  и  $I_{xx}$  выполняется по теоретическому чертежу яхты класса Л-6 для ВЛ, соответствующей измеренным при обмере осадке или водоизмещению  $DISPL$ . Объемное водоизмещение  $V$  может быть либо вычислено по измеренной осадке с помощью теоретического чертежа, либо определено по результатам взвешивания яхты. Расчеты по теоретическому чертежу выполняются в соответствии с формулами теории корабля

$$\begin{aligned} V &= \int_V dV = \sum_i V_i \\ ZV &= \int_V z \cdot dV = \sum_i z_i \cdot V_i \\ I_{xx} &= \int_S y^2 \cdot dS = \sum_i y_i^2 \cdot S_i \end{aligned} \quad (6)$$

Инв.№ подл.						РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Подп. и дата							17
Инв.№ дубл.							
Взаим.инв. №							
Подп. и дата							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

где  $V_i$  – часть объема подводной части корпуса, заключенная между соседними ВЛ теоретического чертежа;  $S_i$  – часть площади фактической ВЛ, соответствующей измененным при обмере осадке или водоизмещению, заключенная между соседними теоретическими шпангоутами теоретического чертежа;  $z_i$  – аппликата геометрического центра объема  $V_i$ ;  $y_i$  – ордината геометрического центра площади  $S_i$ .

Расчет зависимостей водоизмещения, ЦВ и ЦБС и некоторых других характеристик от осадки яхты выполняется по теоретическому чертежу в соответствии с формулами теории корабля

$$\begin{aligned}
 V(T) &= \int_T S(T) dT = \sum_i S_i \Delta T_i \\
 Z_c(T) &= \frac{\int_T z \cdot S(T) dT}{V(T)} = \frac{\sum_i z_i \cdot S_i \Delta T_i}{\sum_i S_i \Delta T_i} \\
 Z_f(T) &= \frac{\int_T z \cdot L(T) dT}{\int_T L(T) dT} = \frac{\sum_i z_i \cdot L_i \Delta T_i}{\sum_i L_i \Delta T_i}
 \end{aligned} \tag{7}$$

где  $V(T)$  – зависимость объемного водоизмещения от осадки;  $S(T)$  – зависимость площади ВЛ от осадки;  $L(T)$  – зависимость длины ВЛ от осадки;  $z$  – аппликата центра тяжести объема либо центра тяжести площади боковой проекции корпуса, заключенных между соседними ватерлиниями.

С целью сокращения трудозатрат при построении диаграмм остойчивости А.Л.Ходоровским была создана по теоретическому чертежу цифровая 3D-модель корпуса яхты Л-6, изображенная на Рис.5, которая позволяет автоматизировать расчеты и повысить их точность.

На Рис.6-7 показаны некоторые зависимости, полученные автором «вручную» по теоретическому чертежу яхты Л-6.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						18

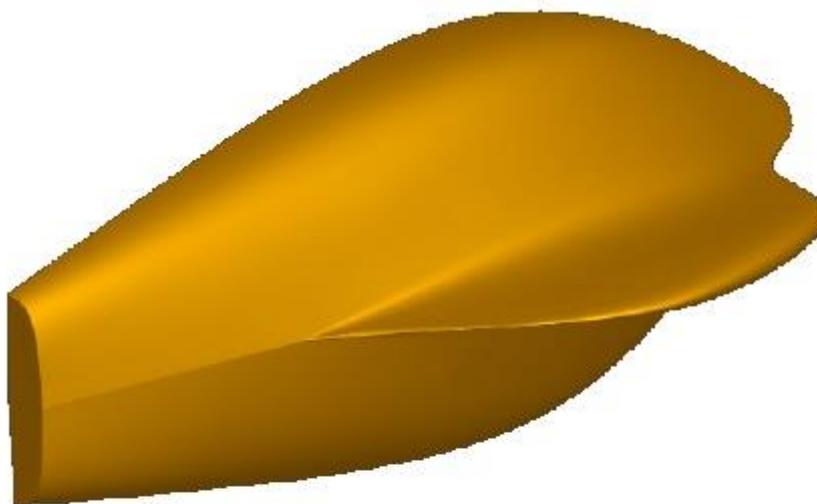
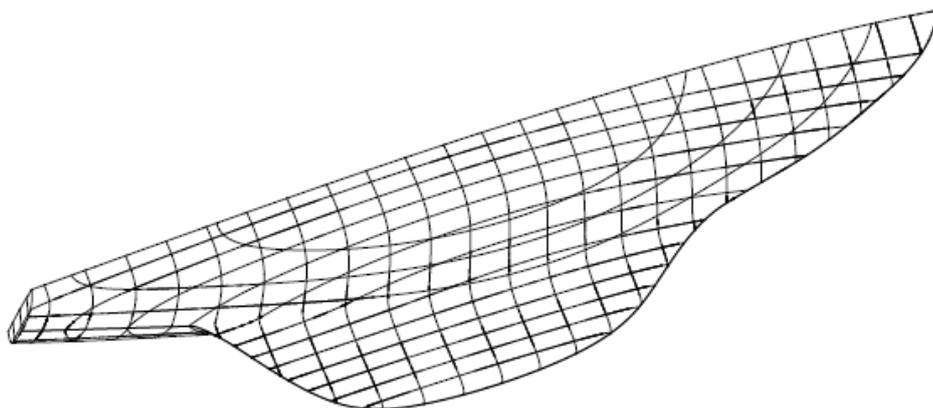
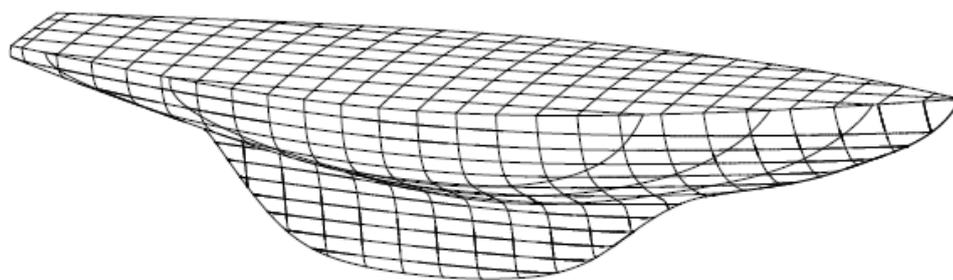


Рис.5. Цифровая 3D-модель корпуса яхты класса Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

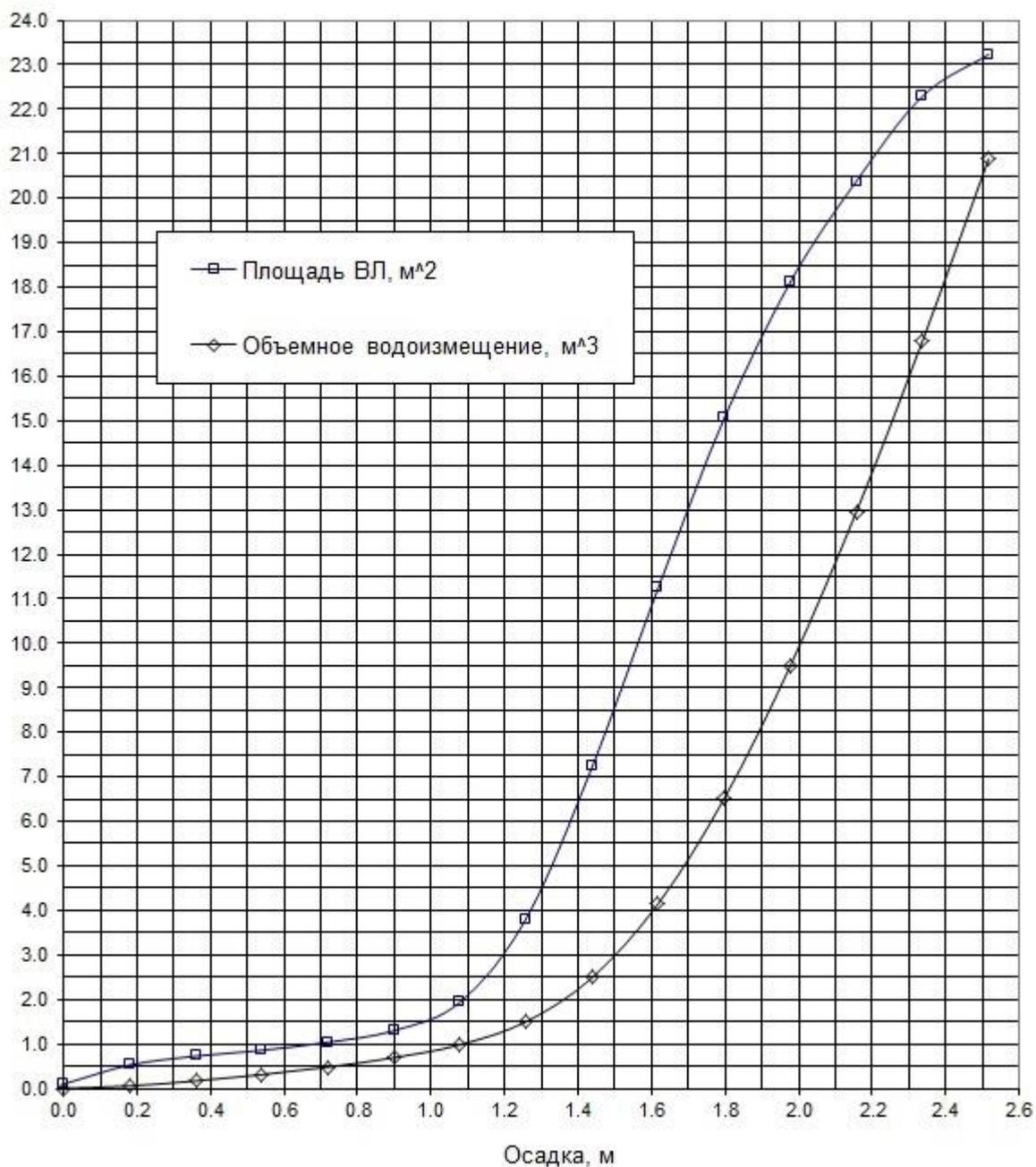


Рис.6. Зависимости  $V(T)$  и  $S(T)$ , полученные непосредственно по теоретическому чертежу яхты класса Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

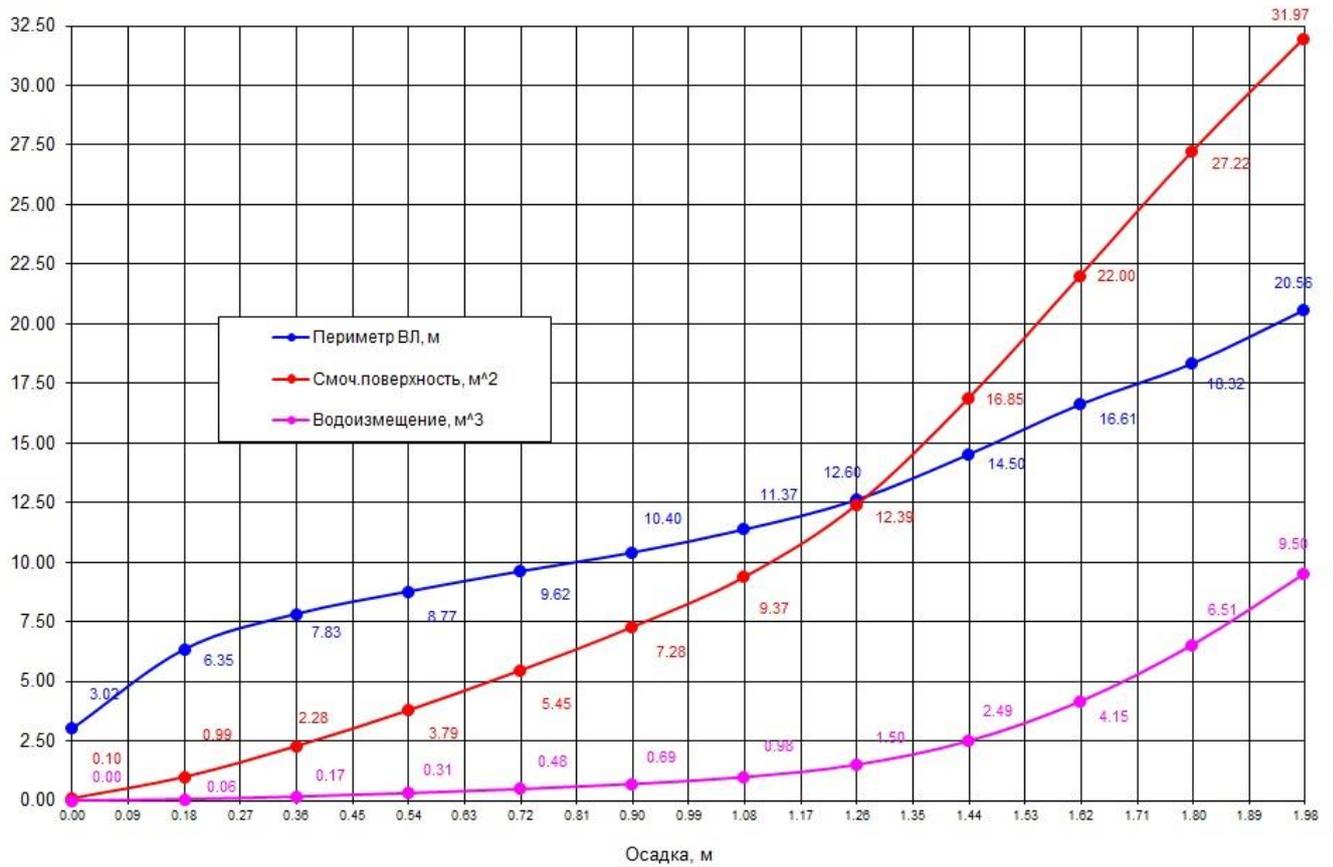


Рис.7. Зависимости  $V(T)$ , периметра ВЛ и смоченной поверхности корпуса от осадки, полученные непосредственно по теоретическому чертежу яхты класса Л-6

На Рис.8-10 для сравнения приведены кривые объемного водоизмещения  $V$ , дифференцирующего на 1 мм момента  $M_D$ , площади ватерлинии  $S_{вл}$ , смоченной поверхности  $S_{см}$ , аппликаты ЦВ от ОП  $Z_c$  и аппликаты НМП от КВЛ  $Z_0$  как функций осадки  $T$ , полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6.

В Табл.5 приведены значения необходимых для расчета поперечной остойчивости характеристик яхты Л-6, рассчитанные непосредственно по теоретическому чертежу и по цифровой модели яхты класса Л-6 (см. Рис.11) для осадок 1,80 и 1,85 м.

Сравнение кривых и их ординат показывает, что «ручные» и «машинные» значения приводимых величин хорошо согласуются между собой и с данными Табл.1.

Подп. и дата									
Взаим.инв. №									
Инв.№ дубл.									
Подп. и дата									
Инв.№ подл.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист
									21

Характеристики плавучести и остойчивости яхты Л-6

Расчет	$T = 1,800 \text{ м}$				$T = 1,850 \text{ м}$			
	$DISPL, \text{ кг}$	$Z_c, \text{ м}$	$R_0, \text{ м}$	$I_{xx}, \text{ м}^4$	$DISPL, \text{ кг}$	$Z_c, \text{ м}$	$R_0, \text{ м}$	$I_{xx}, \text{ м}^4$
Ручной	6513	1,409	0,898	5,851	7386 <sup>*)</sup>	1,453 <sup>*)</sup>	0,870 <sup>*)</sup>	6,424 <sup>*)</sup>
3D-модель	6551	1,406	0,878	5,760	7347 <sup>**)</sup>	1,450 <sup>**)</sup>	0,862 <sup>**)</sup>	6,327 <sup>**)</sup>

\*) значения получены линейной интерполяцией между осадками 1,80 и 1,97 м.

\*\*\*) значения получены линейной интерполяцией между осадками 1,80 и 1,90 м.

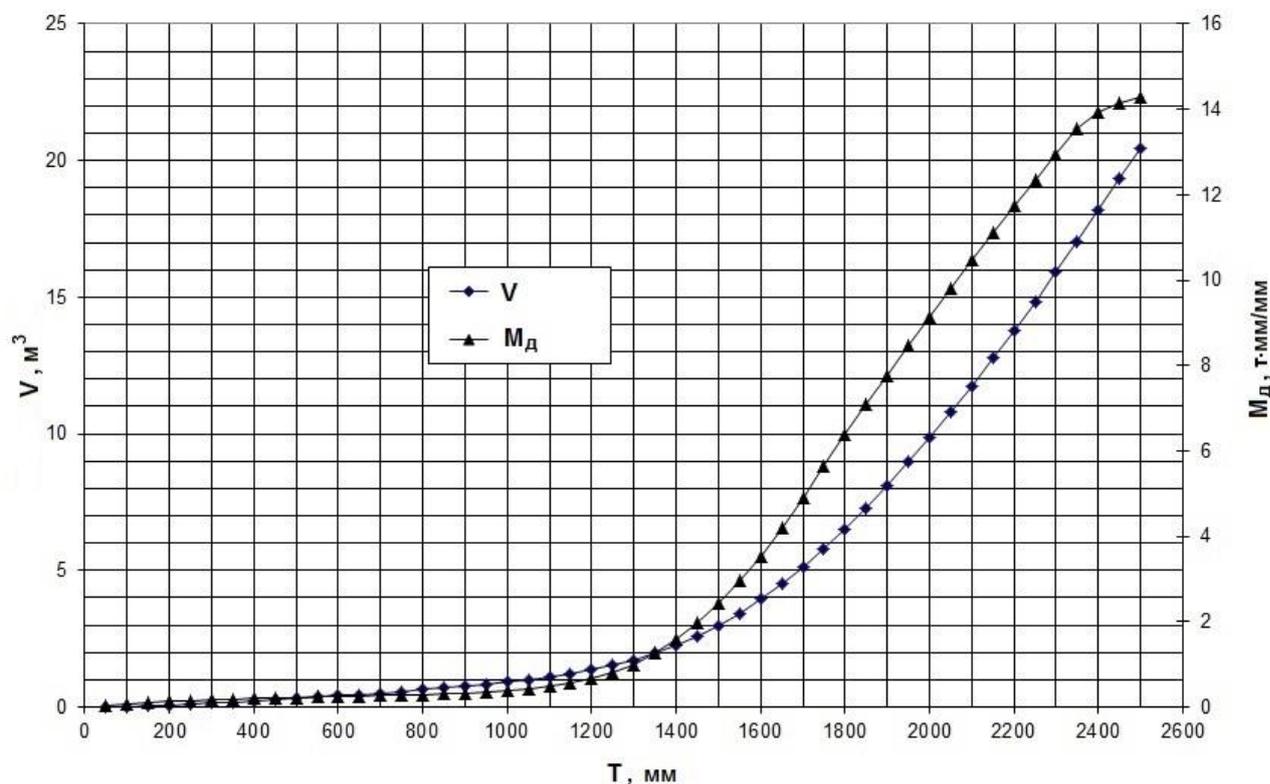


Рис.8 Зависимости  $V(T)$  и  $M_d(T)$ , полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						22

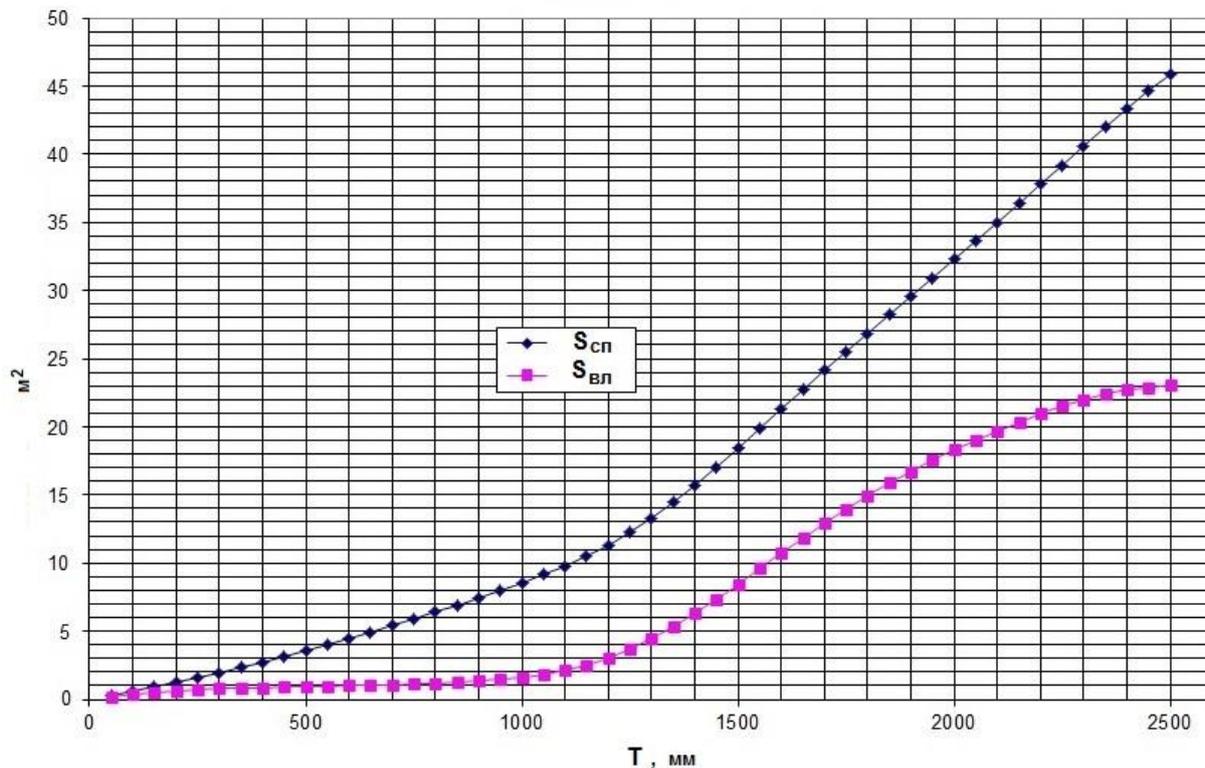


Рис.9 Зависимости  $S_{cn}(T)$  и  $S_{вл}(T)$ , полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

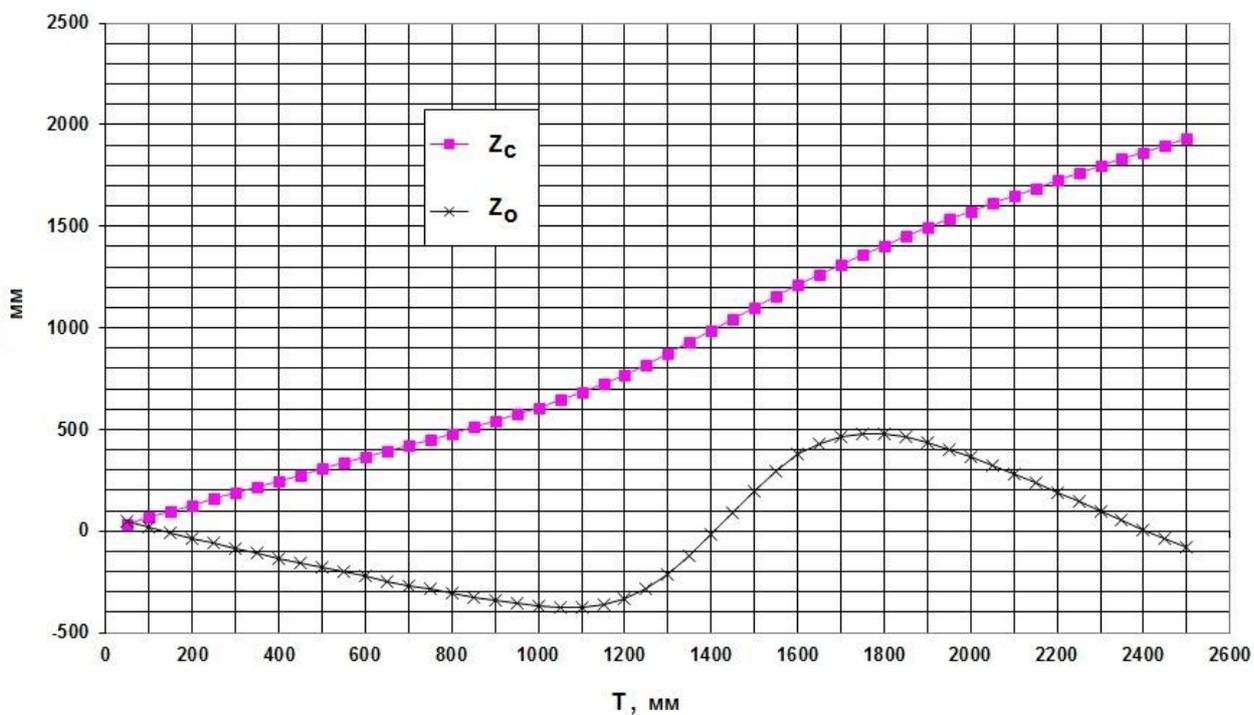


Рис.10 Зависимости  $Z_c(T)$  и  $Z_o(T)$ , полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

На Рис.11 показан фрагмент таблицы результатов «машинного» расчета гидростатики яхты класса Л-6, полученные по цифровой 3D-модели корпуса. В таблице выделены две строки, соответствующие осадкам 1,80 и 1,90 м. Здесь приняты следующие обозначения:  $T$  – осадка;  $\Theta_x$  – крен;  $\Theta_y$  – дифферент;  $G$  – весовое водоизмещение;  $V$  – объемное водоизмещение;  $S_{ми}$  – площадь мидель-шпангоута;  $X_c, Y_c, Z_c$  – соответственно абсцисса от мидель-шпангоута, ордината от ДП и аппликата от ОП ЦВ;  $S_{сн}$  – площадь смоченной поверхности;  $R_{ox}, R_{oy}$  – соответственно поперечный и продольный начальные метацентрические радиусы.

Для вычисления НМРП через аппликату метацентра  $Z_0$  по графикам на Рис.10 используется формула

$$R_0 = Z_0 + T - Z_c. \quad (8)$$

По данным Табл.5 средние значения  $DISPL, Z_c$  и  $R_0$  составляют

- для  $T=1,80$  м:  $DISPL=6532$  кг,  $Z_c=1,407$  м,  $R_0=0,888$  м;
- для  $T=1,85$  м:  $DISPL=7366$  кг,  $Z_c=1,451$  м,  $R_0=0,866$  м.

По формуле (4) при крайних значениях  $h_0 = 0,712 \dots 1,036$  м получим:

- для  $T=1,80$  м,  $DISPL=6532$  кг,  $Z_c=1,407$  м,  $R_0=0,888$  м:

$$Z_g = 1,259 \dots 1,583 = 1,421 \pm 0,162 \text{ м,}$$

- для  $T=1,85$  м,  $DISPL=7342$  кг,  $Z_c=1,451$  м,  $R_0=0,866$  м:

$$Z_g = 1,303 \dots 1,627 = 1,465 \pm 0,162 \text{ м.}$$

Как видно, полученные границы значений и средние значения аппликаты ЦТ яхты по данным имеющихся мерительных свидетельств при разных осадках мало зависят от изменения осадки, что подтверждает правильность расчетов. Разброс значений  $Z_g$  обусловлен разбросом данных в мерительных свидетельствах яхт, что привело к разбросу значений НМВП. Это могло быть вызвано различиями в обмерном состоянии яхт при обмере, неточностью измерений высот надводного борта, углов крена и веса яхт, а также возможными ошибками.

Подп. и дата						
Взаим.инв. №						
Инв.№ дубл.						
Подп. и дата						
Инв.№ подл.						
					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

T, мм	G, кг	V, м <sup>3</sup>	Θ <sub>y</sub> , град	Θ <sub>x</sub> , град	S <sub>мш</sub> , м <sup>2</sup>
...	...	...	...	...	...
1600.000	3957.603	3.957	0.000	0.000	1.05
1700.000	5148.803	5.148	0.000	0.000	1.29
1800.000	6551.260	6.551	0.000	0.000	1.54
1900.000	8142.677	8.142	0.000	0.000	1.80
2000.000	9901.033	9.901	0.000	0.000	2.07
2100.000	11807.587	11.807	0.000	0.000	2.34
2200.000	13845.322	13.845	0.000	0.000	2.62
2300.000	15996.781	15.996	0.000	0.000	2.89
2400.000	18243.476	18.243	0.000	0.000	3.17

X <sub>c</sub> , мм	Y <sub>c</sub> , мм	Z <sub>c</sub> , мм	R <sub>ох</sub> , мм	R <sub>оу</sub> , мм	S <sub>сп</sub> , м <sup>2</sup>
...	...	...	...	...	...
-426.884	-0.010	1210.587	773.303	7318.010	21.236
-399.831	0.014	1312.606	863.665	8161.029	24.063
-392.246	0.039	1406.496	878.322	8763.224	26.807
-400.423	0.061	1493.357	845.921	9178.029	29.508
-420.191	0.067	1574.585	791.821	9457.472	32.212
-448.289	0.063	1651.449	729.568	9655.735	34.949
-482.203	0.050	1724.898	665.862	9772.942	37.723
-519.639	0.033	1795.576	603.550	9805.017	40.532
-558.250	0.017	1863.891	544.178	9654.853	43.316

Рис.11 Фрагмент таблицы результатов, полученных по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

Полученные здесь величины аппликаты ЦТ хорошо согласуются с оценкой, выполненной в разделе 7.1.

В дальнейших расчетах устойчивости для аппликаты ЦТ принято среднее из наиболее вероятных значений

$$Z_g = 1,45 \text{ м.}$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						25

## 8. СТАТИЧЕСКАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ

### 8.1. Диаграмма статической остойчивости

Для оценки статической остойчивости яхты класса Л-6 А.Л.Ходоровксим по цифровой 3D-модели корпуса была рассчитана диаграмма статической остойчивости яхты для  $DISPL=6500$  кг при  $Z_g=1,45$  м. Изменение дифферента яхты при крене учитывалось. На углах крена больших  $90^\circ$  вход рубки в воду не учитывался.

На Рис.12 показана полученная зависимость плеча статической остойчивости  $l_{cm}$  от угла крена  $\Theta$ .

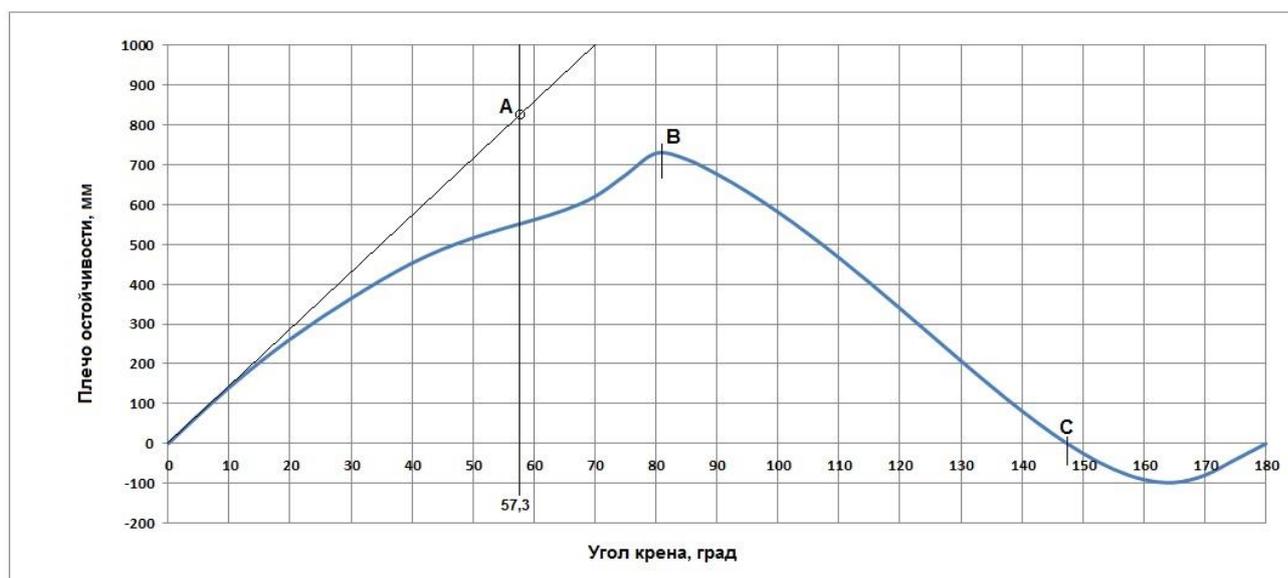


Рис.12 Диаграмма статической остойчивости яхты класса Л-6 в обмерном состоянии

Из диаграммы находим следующие величины:

- начальная метацентрическая высота поперечная (ордината точки А)  $h_0=0,824$  м;
- максимальное плечо статической остойчивости (ордината точки В)  $l_{cm\_max}=0,730$  м;
- угол крена при максимальной остойчивости  $\Theta_{max}=81^\circ$ ;
- угол заката диаграммы (абсцисса точки С)  $\Theta_{зак}=147^\circ$ ;
- отношение площади под кривой до угла заката и после него составляет  $k=30$ ;
- плечо статической остойчивости при крене  $90^\circ$   $l_{cm\_90}=0,676$  м.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взаим.инв. №	Подп. и дата	Инв.№ дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

26

## 8.2. Зависимость статического угла крена от скорости ветра

При полной парусности в стационарном режиме движения яхты под парусами найдем из условия остойчивости яхты скорости истинного ветра для углов крена 10, 20, 30 и 40 градусов. При бóльших углах крена парусность яхт обычно уменьшается за счет взятия рифов или замены парусов на меньшие.

На Рис.13 изображена схема сил, действующих на яхту в поперечной плоскости  $YZ$  при движении под парусами с креном.

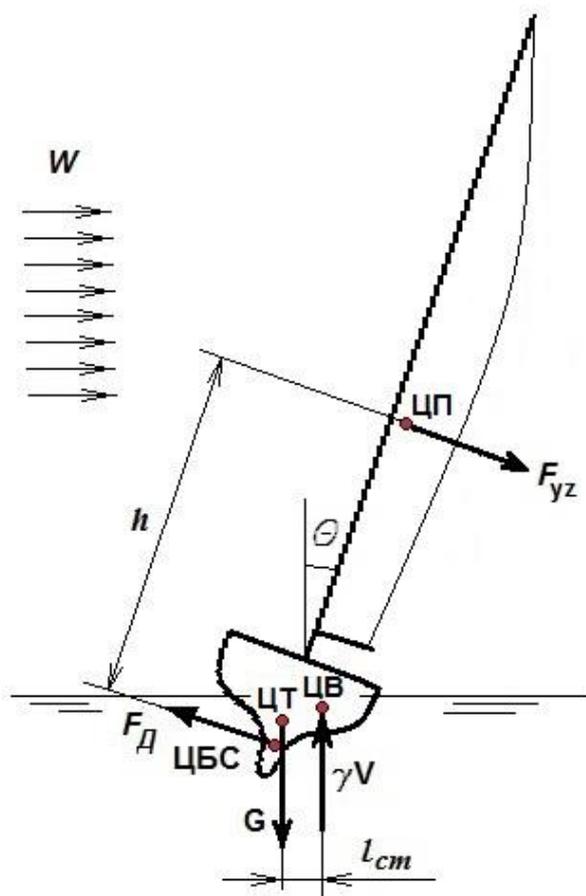


Рис.13 Схема сил в поперечной плоскости при движении яхты с креном

Условия равновесия яхты приводят к следующим соотношениям сил:

$$\begin{aligned}
 \gamma V &= G \\
 F_D &= F_{YZ} \\
 M_{кр} &= M_{\epsilon} \quad \text{или} \quad F_{YZ} \cdot h = G \cdot l_{cm}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						27

где, кроме приведенных выше, использованы следующие обозначения:  $\gamma$  – удельный вес воды;  $F_D$  – гидродинамическая сила дрейфа;  $F_{YZ}$  – проекция аэродинамической силы на поперечную плоскость  $YZ$ .

Для определения плеча кренящего момента, равного

$$h = Z_A - Z_D, \quad (10)$$

необходимо знать величины  $Z_A$  и  $Z_D$ .

Аппликаты ЦП и ЦБС от ОП согласно чертежу парусности Л6-00-00 и при расчетном расположении парусов в ДП яхты составляют соответственно  $Z_A = 7,786$  м и  $Z_D = 1,030$  м. По чертежу парусности Л6М.00.00СБ соответственно  $Z_A = 7,737$  м и  $Z_D = 1,000$  м. По расчетам автора аппликата ЦБС от ОП составляет  $Z_D = 1,069$  м, а  $S_{BC} = 9,53$  м<sup>2</sup>. Для расчета кренящего момента принимаем значения  $Z_A$  и  $Z_D$ , дающие наибольшее плечо

$$h = Z_A - Z_D = 7,786 - 1,000 = 6,786 \text{ м.}$$

Аэродинамическая сила  $F_A$  при направлении ветра перпендикулярном к ДП яхты без учета профиля парусов и их расположении в ДП яхты, может быть вычислена по формуле [2]

$$F_A = \frac{\gamma_v}{g} \cdot \frac{W^2}{2} SA \cdot \cos \Theta = f_{y\Delta}(\Theta) \cdot \frac{\gamma_v}{g} \cdot \frac{W^2}{2} SA, \quad (11)$$

где  $\gamma_v$  – удельный вес воздуха, равный при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 15°C  $\gamma_v = 1,225$  кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение силы тяжести равно  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Согласно Табл.1 площадь парусности яхты класса Л-6 составляет 59 м<sup>2</sup>. В настоящее время согласно новым Правилам класса максимальная обмерная площадь парусов доведена до 70 м<sup>2</sup> (Приложение 3). Поэтому далее примем  $SA = 70$  м<sup>2</sup>.

Используя третье уравнение из (9) и формулу (11), можно получить

$$W = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot g \cdot l_{cm}}{\gamma_v \cdot h \cdot SA \cdot f_{y\Delta}(\Theta)}}, \quad (12)$$

В Табл.6 приведены вычисления по формуле (12) скорости истинного ветра для указанных ранее углов крена яхты при полной парусности.

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Соотношения статического угла крена, скорости и силы истинного ветра

Угол крена $\Theta$ , град	$f_{YZ}=\cos\Theta$	$l_{cm}$ , м	$W$ , м/с	$W$ , уз	Сила ветра, баллы
10	0,9848	0,141	5,60	10,9	3-4
20	0,9370	0,262	7,82	15,2	4
30	0,8660	0,364	9,60	18,6	5
40	0,7660	0,453	11,4	22,1	6

Как видно из Табл.6, яхта класса Л-6 в обмерном состоянии (без экипажа и запасов) при проектном водоизмещении 6500 кг и максимальной парусности 70 м<sup>2</sup> выдерживает ровный боковой ветер с истинной скоростью 11,4 м/с при угле статического крена 40°.

По имеющимся статистическим данным приведенным в [3,4] статические углы крена яхты класса Л-6 оказываются существенно меньше, указанных в Табл.6. Например, в [4] для яхты Л-6 водоизмещением  $G=7500$  кг с площадью парусов  $SA=63,5$  м<sup>2</sup> указаны следующие характеристики остойчивости:  $h=6,8$  м;  $h_0=0,97$  м, что хорошо согласуется с вышеприведенными значениями. Однако углы крена при скорости вымпельного ветра на курсе бейдевинд 6, 9 и 12 м/с составляют примерно 7, 15 и 24 градуса соответственно. Объясняется это следующими причинами.

1. Различие в направлении ветра и угле установки парусов. В Табл.6 указаны скорости бокового истинного ветра при расположении «плоских» парусов в ДП яхты. В этом положении сила тяги парусов отсутствует, скорость и направление истинного и вымпельного ветра совпадают, и вся аэродинамическая сила является силой дрейфа. В статье [4] яхта движется курсом бейдевинд, паруса имеют аэродинамический профиль и «твист» и установлены на оптимальный угол атаки к вымпельному ветру, дующему острее истинного, аэродинамическая сила  $F_A$  раскладывается на силу тяги  $F_X$  и кренящую силу  $F_{YZ}$ , ЦП понижается из-за «твиста», сила  $F_{YZ}$  и кренящий момент значительно меньше.
2. Более значительное уменьшение аэродинамической силы на парусах с увеличением угла крена, чем это принято в формуле (11) по Ч.Мархаю [2]. В статье [4] приводятся результаты натурных и модельных испытаний шлюпа «Джимкрак» на курсе крутой бейдевинд, полученные К.Дэвидсоном. В Табл.7 приведены значения коэффициентов аэродинамической силы  $F_X$  и  $F_{YZ}$  в зависимости от крена яхты.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	Инв.№ подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
												29

Относительные значения составляющих аэродинамической силы

Угол крена $\Theta$ , град		0	5	10	15	20	25	30	35
(11)	$f_{yz}=f_0$	1,000	0,996	0,985	0,966	0,940	0,906	0,866	0,819
[4]	$f_x$	1,775	1,540	1,351	1,185	1,033	0,907	0,780	0,668
	$f_{yz}$	0,496	0,458	0,419	0,381	0,343	0,306	0,270	0,236
$f_{yz}/f_0$		0,496	0,460	0,425	0,394	0,365	0,338	0,312	0,288

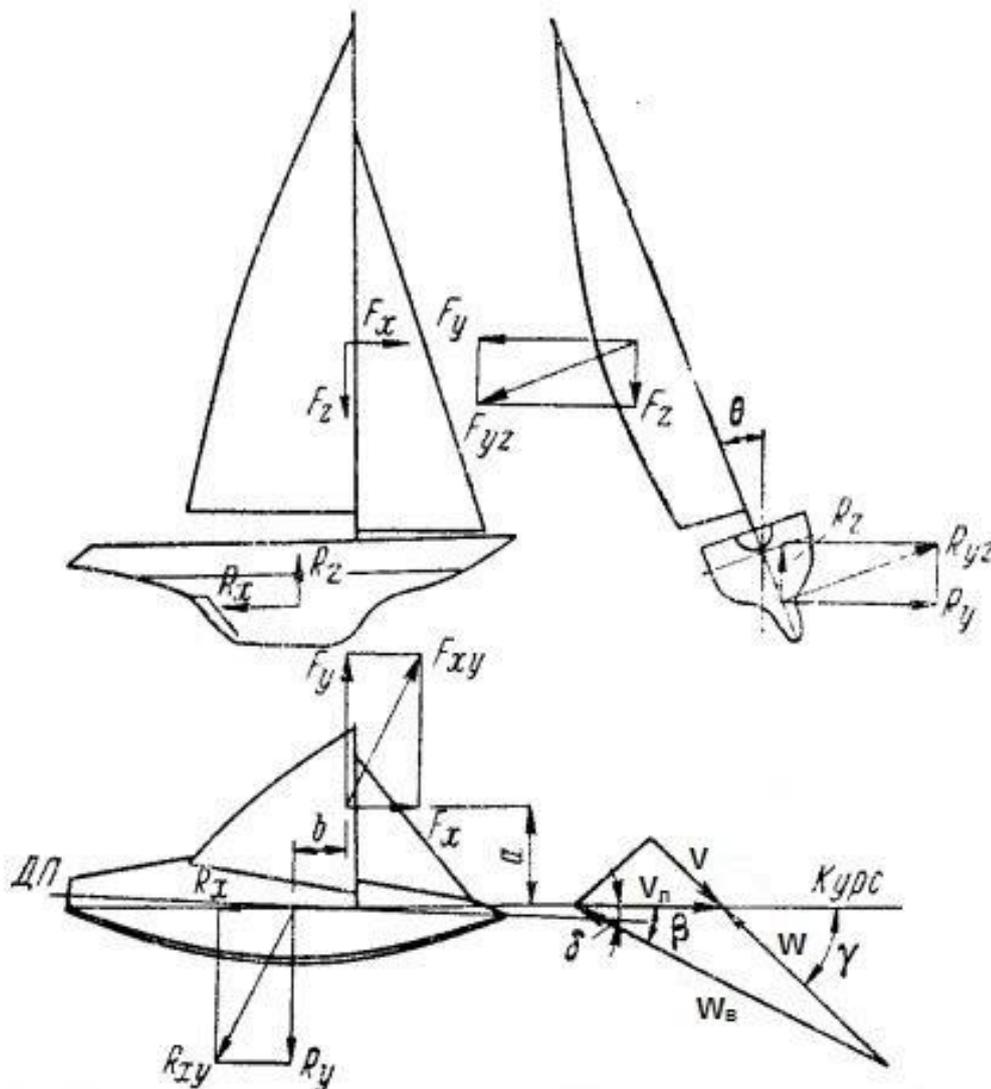


Рис.14 Схема сил на парусах и на корпусе яхты на курсе бейдевинд и треугольники скоростей:  $V_n$  – курсовая скорость яхты;  $V$  – скорость выхода на ветер;  $W_v$  – скорость вымпельного ветра;  $W$  – скорость истинного ветра;  $\delta$  – угол дрейфа

Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
Инв.№ подл.	Подп. и дата	

Из Табл.7 видно, что действительная кренящая сила  $F_{YZ}$  в 2-3 раза меньше условной силы  $F_0$ , использованной при вычислениях в Табл.6 по формуле (11). В [3] предлагается вычислять кренящий момент по следующей формуле

$$M_{кр} = M_{кр}^0(\cos \Theta - k\sqrt{\Theta}) , \quad (13)$$

где  $M_{кр}^0$  – кренящий момент при угле крена  $0^\circ$ ;  $k$  – коэффициент, равный 0,05 для яхт с высотой парусности  $H_s \geq 2\sqrt{SA}$  и 0,06-0,07 для яхт с  $H_s \cong (1,8 - 1,9)\sqrt{SA}$ . На Рис.15 показаны различные варианты предлагаемых зависимостей относительного кренящего момента от угла крена.

3. Площадь парусности. В статье [4] площадь парусности яхты Л-6 принята равной  $63 \text{ м}^2$ . При вычислениях в Табл.6 обмерная площадь парусов пинята в соответствии с новыми правилами класса Л-6 равной  $70 \text{ м}^2$ , т.е. на 10% больше.

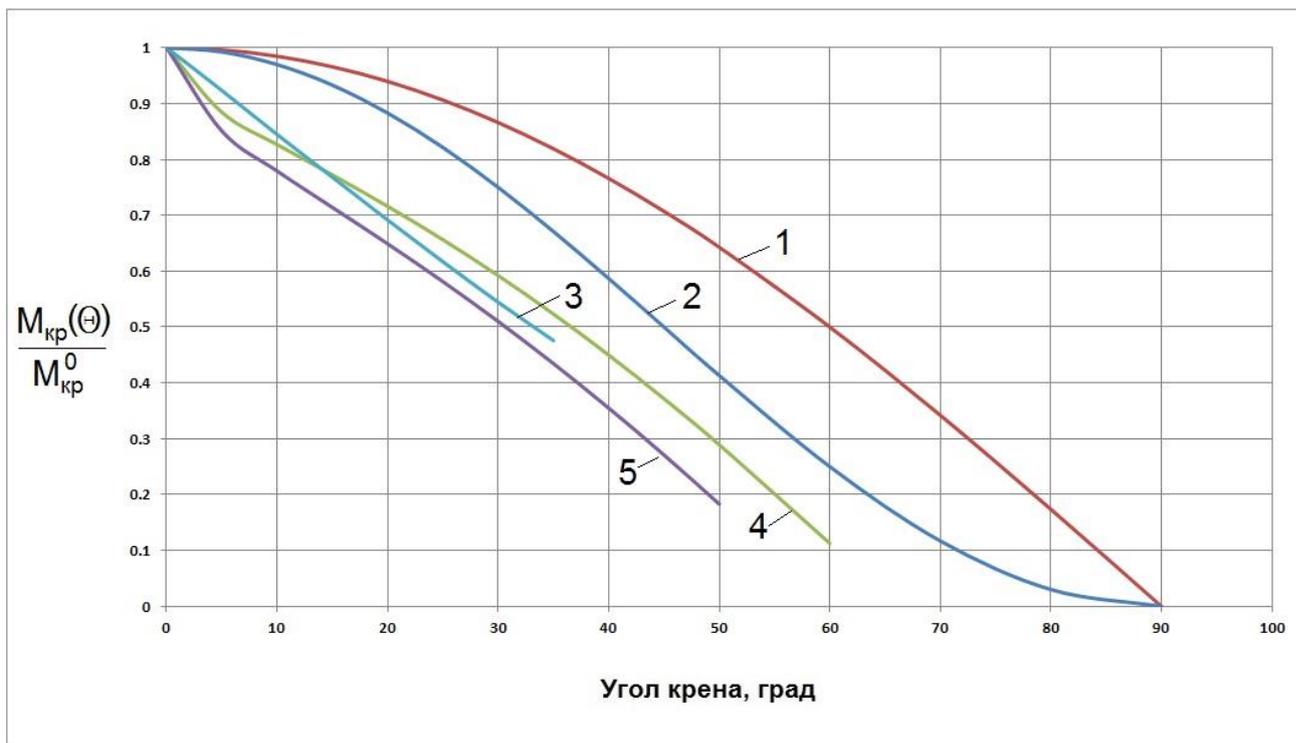


Рис.15 Относительный кренящий момент:  
 1 – Ч.Мархай ( $\cos\Theta$ ) [2]; 2 –  $\cos^2\Theta$  [3]; 3 – К.Дэвидсон [4];  
 4 – по формуле (13) при  $k=0,05$  [3] ; 5 – по формуле (13) при  $k=0,065$  [3]

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

С учетом указанных причин, используя данные Табл.7, по формуле (12) можно вычислить действительные скорости вымпельного ветра для яхты класса Л-6 с обмерными водоизмещением 6500 кг и площадью парусности  $S_A=70 \text{ м}^2$ , а скорости истинного ветра найти по формуле

$$W = \frac{W_{\text{в}} \cos \beta - V_{\text{л}}}{\cos \gamma}, \quad (14)$$

где  $W_{\text{в}}$  – скорость вымпельного ветра;  $V_{\text{л}}$  – скорость яхты по лагу;  $\beta, \gamma$  – курсовые углы вымпельного и истинного ветра соответственно (см. Рис.14).

В Табл.8 приведены результаты вычислений для  $V_{\text{л}}=6 \text{ уз}$   $\beta=30^\circ$ ,  $\gamma=45^\circ$ .

Таблица 8

Соотношения статического угла крена, скорости и силы истинного ветра

Угол крена $\Theta$ , град	$l_{\text{см}}$ , м	$f_{\text{уз}}$	$W_{\text{в}}$ , м/с	$W$ , м/с	$W$ , уз	Сила ветра, баллы
10	0,141	0,419	8,59	6,15	12,0	4
15	0,204	0,381	10,83	8,90	17,3	5
20	0,262	0,343	12,94	11,48	22,3	6
25	0,315	0,306	15,02	14,03	27,3	7
30	0,364	0,270	17,19	16,69	32,4	7

Из Табл.8 видно, что остойчивость яхты класса Л-6 позволяет ей с полной парусностью на курсе бейдевинд теоретически выдерживать ровный 7-балльный ветер при крене 25-30°.

В [4] также приводится среднестатистическая зависимость угла крена от водоизмещения яхты при скорости вымпельного ветра 9 м/с. Так, для обмерного водоизмещения 6500 кг по этим данным крен составляет 13,5°, что хорошо согласуется с полученными в Табл.8 результатами теоретического расчета.

### 8.3. Оценка влияния веса экипажа и запасов

Оценить влияние веса экипажа и запасов на поперечную остойчивость яхты можно только приближенно, т.к. экипаж яхты не занимает какого-либо определенного места в корпусе или на палубе яхты во время плавания. Запасы также размещаются внутри корпуса на разных яхтах по-разному.

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

Дополнительный вес экипажа в среднем из 6-8 человек по 75 кг с личными вещами, запасами и парусами в плавании составляет 800-1000 кг (Приложение 3), что составляет 12-15% от проектного водоизмещения.

Если предположить, что экипаж и запасы размещены так, что аппликата ЦТ не меняется, а водоизмещение увеличивается до 7300-7500 кг, то за счет увеличения осадки на 0,05 м (см. Рис.6-8) увеличиваются аппликата и ордината ЦВ. Поскольку полное плечо статической остойчивости вычисляется по формуле [8]

$$l_{cm} = l_{\phi} - l_{\epsilon} = Y_c \cdot \cos \Theta + (Z_c - Z_{co}) \sin \Theta - (Z_g - Z_c) \sin \Theta, \quad (15)$$

где  $Z_c$  и  $Y_c$  – соответственно аппликата ЦВ от ОП и ордината ЦВ от ДП при угле крена  $\Theta$ ,  $Z_{co}$  – аппликата ЦВ от ОП при  $\Theta=0^\circ$ , то с увеличением  $Z_c$  и  $Y_c$  плечо статической остойчивости увеличивается, а значит и поперечная остойчивость возрастает.

Если же в гонке часть экипажа (обычно 3-4 человека) сидят на наветренной кромке палубы для откренивания яхты, то общий ЦТ повышается и смещается от ДП к наветренному борту. Оценим это перемещение ЦТ. Примем вес откренивающего экипажа из 4-х человек равным  $G_1=300$  кг, а вес оставшегося экипажа и запасов  $G_2=600$  кг. ЦТ откренивающего экипажа отстоит от ДП яхты на половину ее максимальной ширины, равную  $Y_1=B_{max}/2=1,40$  м, а его высота над палубой примерно составляет  $h_1=0,5$  м. Допустим, что ЦТ оставшегося экипажа и запасов совпадает с ЦТ яхты в обмерном состоянии и его не изменяет. Тогда при полном водоизмещении  $G_p=7400$  кг аппликата и ордината ЦТ будут равны

$$Z_{gp} = Z_g + \frac{G_1(h_1 + D - Z_g)}{G_p} = 1,45 + \frac{300(0,5 + 2,6 - 1,45)}{7400} = 1,52 \text{ м}$$

$$Y_{gp} = \frac{G_1 \cdot Y_1}{G_p} = \frac{300 \cdot 1,40}{7400} = 0,06 \text{ м} \quad (16)$$

На Рис.16 приведены вычисленные А.Л.Ходоровским диаграммы статической остойчивости яхты Л-6 для водоизмещения  $G_p=7400$  кг при  $Z_{gp}=1,52$  м для трех вариантов размещения 4-х членов экипажа на палубе: 1–на наветренном борту ( $Y_{gp}=+0,06$  м); 2– в ДП ( $Y_{gp}=0$ ); 3–на подветренном борту ( $Y_{gp}=-0,06$  м). Здесь же пунктиром показана диаграмма в обмерном состоянии (см. Рис.12).

Ив.№ подл.	Подп. и дата	Ив.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
------------	--------------	------------	--------------	--------------

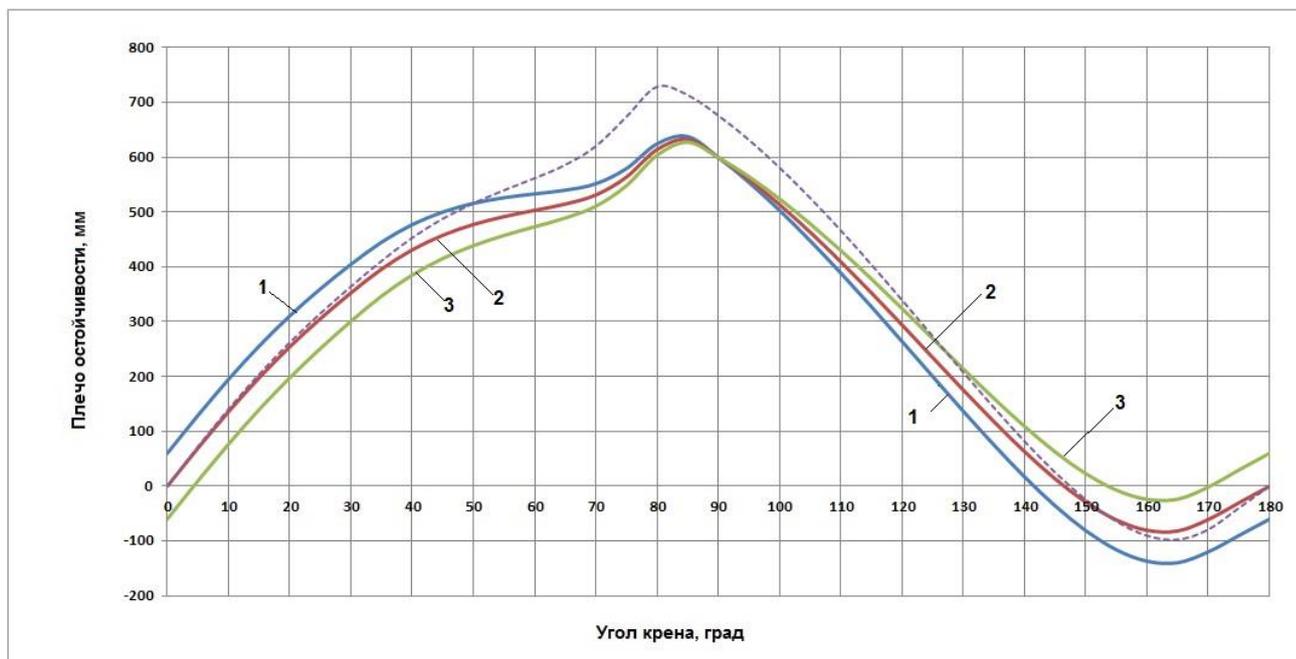


Рис.16 Диаграмма статической остойчивости яхты класса Л-6 с экипажем и запасами: 1– при откренивании; 2– без откренивания; 3– при закренивании

Сравнивая диаграммы (кривая 2) видно, что повышение ЦТ на 0,07 м за счет размещения части экипажа на палубе в ДП ( $Y_{gp}=0$ ) и увеличение водоизмещения на 900 кг по сравнению с обмерным состоянием практически не изменяют плечо остойчивости при углах крена от 0 до 15 градусов. При увеличении крена остойчивость незначительно уменьшается. При крене 45° плечо остойчивости уменьшается на 6% по сравнению с обмерным состоянием яхты, а при крене 60° - на 10%.

Размещение палубной части экипажа яхты на наветренном борту ( $Y_{pg}=+0,06$  м) позволяет увеличить остойчивость яхты по сравнению с обмерным состоянием при углах крена от 0 до 50 градусов (кривая 1). Сравнивая кривые 1 и 2 видно, что откренивание яхты экипажем позволяет увеличить плечо статической остойчивости яхты на 10-11% вплоть до крена 45-50°. Как видно из Рис.14, при скорости ровного бокового ветра в диапазоне от 0 до 17 м/с, т.е. при крене от 0 до 30° (см. Табл.9), за счет откренивания угол статического крена яхты может быть уменьшен на 5–6°. При увеличении угла крена эффективность откренивания увеличивается. Так при угле крена 45° только за счет откренивания крен уменьшается с 45 до 35 градусов. Диаграммы на Рис.16 также показывают, что размещение экипажа на подветренном борту ( $Y_{gp}=-0,06$  м) в той же степени увеличивает угол крена и в свежий ветер целесообразно, хотя и безопасно для остойчивости яхты (кривая 3). В слабый же ветер при

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						34

нулевым крене закрепление яхты экипажем на 5–6° может оказаться целесообразным для улучшения тяги парусов.

Таким образом, увеличение водоизмещения яхты и повышение ее ЦТ за счет веса экипажа и запасов по сравнению с обмерным состоянием (несмотря на уменьшение на 14% максимального плеча остойчивости при крене 80°) в диапазоне угла крена от 0 до 45 градусов при полной парусности не только не снижает остойчивости яхты, но даже повышает ее при откренении яхты за счет веса части экипажа.

На Рис.17 показаны зависимости угла крена яхты класса Л-6 от скорости истинного ветра на курсе крутой бейдевинд, полученные при использовании для кренящей силы коэффициентов К.Дэвидсона.

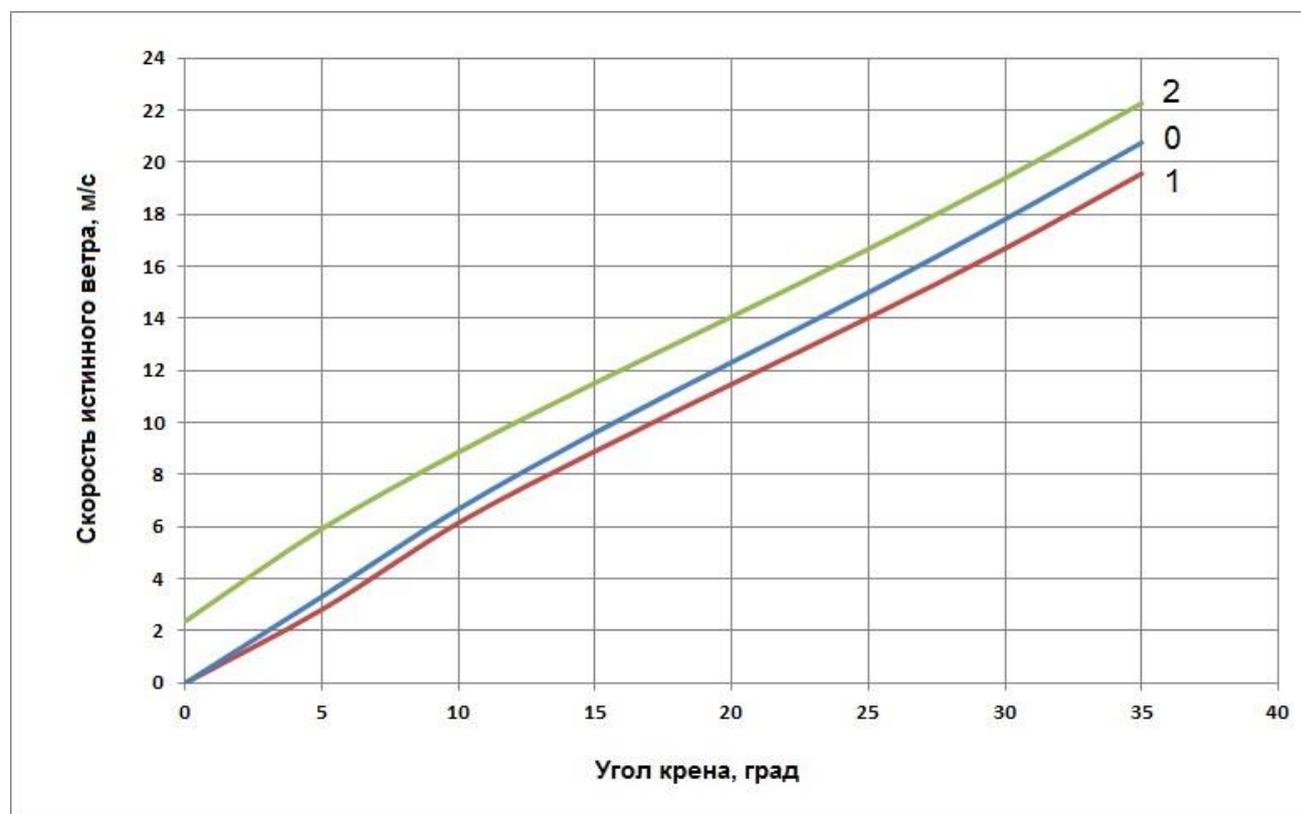


Рис.17 Зависимости угла крена от скорости истинного ветра: 0– при обмерном состоянии ( $DISPL = 6500$  кг,  $Z_g = 1,45$  м,  $Z_D = 1,00$  м); 1– с экипажем и запасами без откренения ( $DISPL = 7400$  кг,  $Z_g = 1,52$  м,  $Y_g = 0$  м,  $Z_D = 1,03$  м); 2– с экипажем и запасами при откренении ( $DISPL = 7400$  кг,  $Z_g = 1,52$  м,  $Y_g = 0,06$  м,  $Z_D = 1,10$  м)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## 9. ДИНАМИЧЕСКАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ

Диаграмма динамической остойчивости может быть получена, если известна диаграмма статической остойчивости. Зависимость плеча динамической остойчивости от угла крена вычисляется по следующей формуле [8]

$$l_{дин}(\Theta) = \int_0^{\Theta} l_{ст}(\Theta) d\Theta \quad (17)$$

На Рис.18 показаны полученные зависимости плеча динамической остойчивости  $l_{дин}$  от угла крена  $\Theta$  в диапазоне от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ : кривая 0 - при использовании диаграммы плеча статической остойчивости для обмерного состояния яхты, изображенной на Рис.12; кривые 1 и 2 - при использовании диаграммы плеч статической остойчивости яхты с экипажем и запасами соответственно без откренивания и с открениванием, изображенных на Рис.16.

Плечо динамической остойчивости  $l_{дин}$  выражает отнесенную к единице водоизмещения работу восстанавливающего момента. Отнесенная к единице водоизмещения работа кренящего момента будет выражаться плечом динамического кренящего момента

$$d_{кр}(\Theta) = \frac{1}{G} \int_0^{\Theta} M_{кр}(\Theta) d\Theta = \frac{h}{G} \int_0^{\Theta} F_{YZ}(\Theta) d\Theta \quad (18)$$

На Рис.19 показаны зависимости кренящей силы от угла крена при расположении плоских парусов в ДП по формуле (11) и при курсе бейдевинд по К.Дэвидсону (см. Табл.7). Рассмотрим оба варианта.

С учетом формулы (11) получим

$$d_{кр}(\Theta) = \frac{\gamma_s}{g} \frac{h}{G} \frac{W^2}{2} SA \cdot \sin\Theta \quad (19)$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

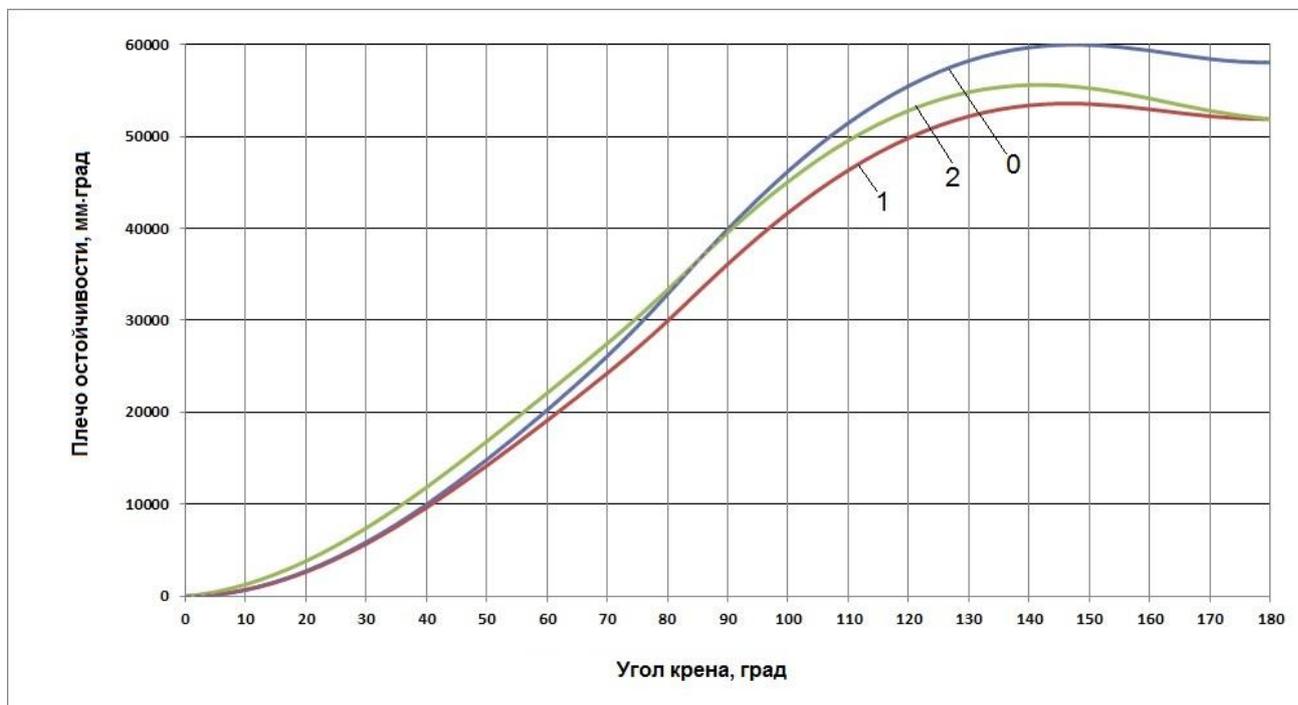


Рис.18 Диаграмма плеча динамической остойчивости яхты класса Л-6:  
 1– в обмерном состоянии; 2– с экипажем и запасами без откренивания;  
 3– с экипажем и запасами при откренивании

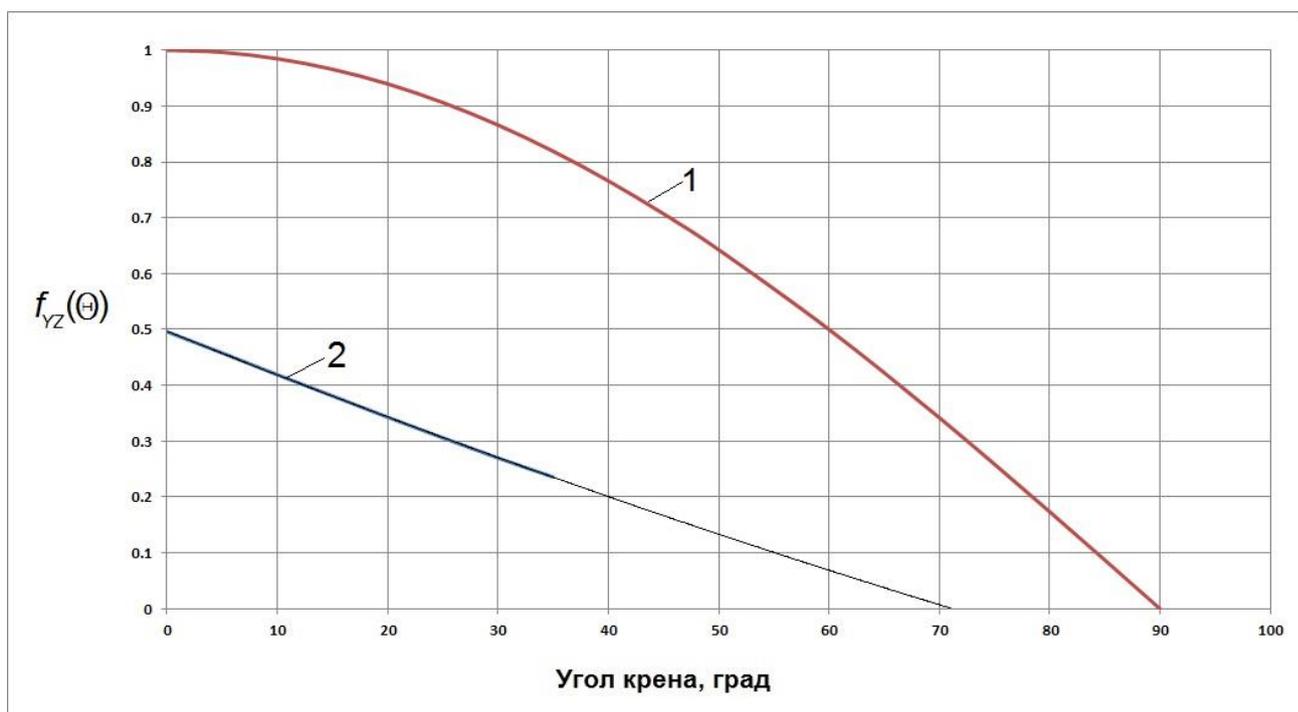


Рис.19 Зависимость кренящей силы от угла крена:  
 1– при расположении плоских парусов в ДП по формуле (11);  
 2– при курсе крутой бейдевинд по К.Дэвидсону (см. Табл.7)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

При использовании экспериментальной зависимости кренящей силы от угла крена, полученной К.Дэвидсоном (см. Табл.7) и ее аппроксимации

$$F_{YZ}(\Theta) = \frac{\gamma_{\epsilon}}{g} \frac{h}{G} \frac{W^2}{2} SA \cdot f_{YZ}(\Theta) = \frac{\gamma_{\epsilon}}{g} \frac{h}{G} \frac{W^2}{2} SA (10^{-5} \Theta^2 - 0,0079 \Theta + 0,4967), \quad (20)$$

получим

$$d_{кр}(\Theta) = \frac{\gamma_{\epsilon}}{g} \frac{h}{G} \frac{W^2}{2} SA (0,3333 \cdot 10^{-5} \Theta^2 - 0,00395 \Theta + 0,4967) \Theta \quad (21)$$

Приравнивая плечи  $l_{дин}$  и  $d_{кр}$ , можно найти динамический угол крена при порывах ветра различной скорости.

На Рис.20 это уравнение решается графически. Кривые 0–2 представляют собой динамические плечи остойчивости, вычисленные для обмерного состояния яхты при  $DISP=6500$  кг по диаграмме на Рис.12 (кривая 0) и для яхты с экипажем и запасами при  $DISP=7400$  кг (кривая 1 без откренивания, кривая 2 с открениванием).

Зоны 1-3 показывают плечи динамического кренящего момента при различной скорости ветра, причем верхняя граница зоны соответствует обмерному водоизмещению  $DISP=6500$  кг, а нижняя – водоизмещению  $DISP=7400$  кг. Зоны 1-2 соответствуют кренящей силе, вычисленной по формуле (11), а зона 3 – кренящей силе на курсе бейдевинд по К.Дэвидсону (см. Рис.19).

Из Рис.20 видно, например, что в условном положении яхты в обмерном состоянии при боковом ветре с плоскими парусами в ДП плечи динамической остойчивости и динамического кренящего момента при порыве ветра скоростью 9,6 м/с и  $DISP=6500$  кг (кривая 0 и верхняя граница зоны 1) равны друг другу при угле крена в  $62^\circ$ , что в 2 раза превышает статический крен при этом же ветре (см. Табл.6).

Для яхты с экипажем и запасами при  $DISP=7400$  кг без откренивания при том же порыве ветра (кривая 1 и нижняя граница зоны 1) динамический угол крена будет равен  $57^\circ$ , а при откренивании (кривая 2 и нижняя граница зоны 1) динамический крен уменьшится до  $46^\circ$ .

В более реальной ситуации на курсе бейдевинд с оптимально стоящими парусами, имеющими аэродинамический профиль, плечо динамического кренящего момента при скорости ветра 11,5 м/с будет находиться в зоне 3.

Инв.№ подл.	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						38

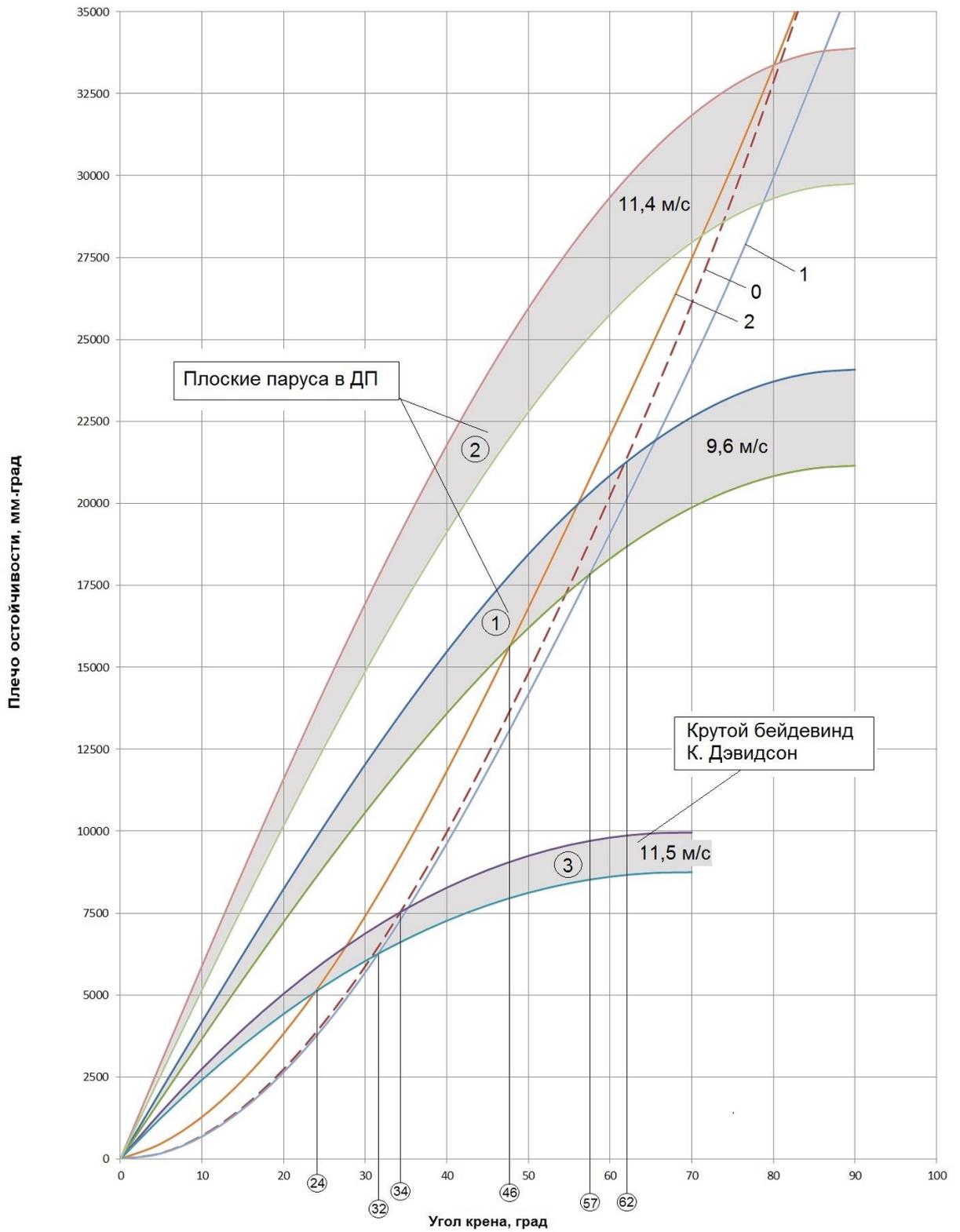


Рис.20 Плечи динамической остойчивости (кривые 0–2) и динамического кренящего момента (зоны 1–3)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

При порыве ветра с такой скоростью яхта в обмерном состоянии наклонится на 34°. При этом крене плечи динамических кренящего и восстанавливающего моментов составляют по 7,5 м·град, а их работа равна

$$A_M = l_{\text{дин}}(\Theta) \times G = 7,5 \times 6500 = 48800 \text{ кг}\cdot\text{м}\cdot\text{град} . \quad (22)$$

При порывах ветра такая работа по наклонению яхты может совершаться за несколько секунд. Например, если порыв ветра скоростью 11,5 м/с длится 1,5 с, то его мощность при динамическом наклонении яхты класса Л-6 на 34° составляет 8,4 кВт, что эквивалентно 11 л.с.

При таком же порыве ветра скоростью 11,5 м/с яхта с экипажем и запасами без отклонения наклонится на 32°, а при отклонении – на 24°.

Приведенный расчет динамической остойчивости парусной яхты класса Л-6 выполнен по аналогии с расчетом динамической остойчивости обычных судов согласно правилам РМРС с той лишь разницей, что кренящая сила не постоянна, а зависит различным образом от угла крена. При этом не учитываются присоединенные массы воды и демпфирующие силы, которые возникают на подводной части корпуса и парусах. Из-за достаточно больших площадей бокового сопротивления корпуса и обмерной площади парусов, составляющих на яхте класса Л-6 соответственно  $S_{BC}=9,53 \text{ м}^2$  и  $S_A =70 \text{ м}^2$ , демпфирующие силы должны иметь значительную величину. Неучет этих сил приводит к завышению динамического угла крена, т.е. дает погрешность в безопасную сторону [5, с.102].

Учет инерции вращения масс яхты и присоединенных масс воды, а также демпфирующих сил может существенно изменить энергетический баланс яхты при динамическом крене. В связи с этим, все чаще в статьях и на форумах возникают вопросы о целесообразности применения указанной методики для оценки динамической остойчивости парусных яхт даже с погрешностью в безопасную сторону.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 10. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОЦЕНОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ

В литературе по проектированию парусных яхт часто приводятся эмпирические зависимости и формулы, полученные на основе статистических данных. Некоторые из таких данных было бы полезно проверить, исходя полученных в данном расчете результатов вычислений для яхты класса Л-6.

В разделе 7.2 уже сравнивались результаты расчета статического крена с данными из статьи [4]. Приведенные в статье значения плеча кренящей силы  $h = 6,8$  м и начальной метацентрической высоты  $h_0 = 0,97$  м яхты Л-6 хорошо согласуются с полученными в данном расчете ( $h_0 = 0,874 \pm 0,162$  м,  $h = 6,786$  м). Приведенные в [4] расчетные углы крена  $15^\circ$  и  $24^\circ$  при скорости вымпельного ветра 9 и 12 м/с или истинного ветра 7 и 10 м/с оказываются несколько больше полученных по Рис.17 для яхты с бóльшей SA и меньшей НМВП при практически равном водоизмещении ( $12^\circ$  и  $18^\circ$ ). Это вызывает сомнение в правильности вычислений в [4].

В статье [3] приводятся графики относительного плеча остойчивости формы  $\bar{l}_\phi = l_\phi / BWL$  в зависимости от относительной высоты надводного борта  $F = FMD / BWL$  и угла килеватости для корпуса классической формы при углах крена до  $45^\circ$ . Угол килеватости  $\psi$  определяется как угол наклона к ВЛ касательной к контуру мидель-шпангоута на расстоянии  $BWL/4$  от ДП. Для яхты Л-6 эти величины имеют значения  $\psi = 32^\circ$ ,  $F = 0,784 / 2,62 = 0,3$  и попадают в ограничительные диапазоны параметров диаграмм. Плечо статической остойчивости рассчитывается по формуле

$$l = \bar{l}_\phi \cdot BWL - (Z_g - Z_c) \sin \Theta. \quad (23)$$

В Табл.9 приведен расчет плеча остойчивости яхты класса Л-6 по диаграммам из статьи [3] при  $Z_g = 1,45$  м,  $Z_c = 1,41$  м,  $BWL = 2,62$  м.

Таблица 9

Расчет плеча остойчивости для яхты Л-6 по номограммам из [3]

Угол крена, град	$\bar{l}_\phi$ , м	$l_\phi$ , м	$l$ , м	$l_{cm}$ , м	$\Delta$ , %
10	0,065	0,170	0,163	0,141	15,8
15	0,090	0,236	0,225	0,204	10,5
20	0,115	0,301	0,288	0,262	9,8
30	0,160	0,419	0,399	0,364	9,7
40	0,200	0,524	0,498	0,453	10,0
45	0,220	0,576	0,548	0,488	12,3

Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						41

Для сравнения в Табл.9 приведены плечи статической остойчивости  $l_{cm}$ , снятые с диаграммы на Рис.12, полученной в данном расчете для обмерного состояния яхты при  $DISPL=6500$  кг. Видно, что статистические данные дают для яхты класса Л-6 устойчиво завышенные значения плеча остойчивости формы в среднем на 11%.

В статье [6] приводится методика построения диаграммы статической остойчивости по результатам обмера и кренования яхт на основании мерительного свидетельства. По статистическим зависимостям вычисляются следующие параметры остойчивости яхты:

- $h_0 = RM \times 57,3 / DISP$  - начальная метацентрическая высота, м
- $l_{max} = 0,75 \times h_0$  - максимальное плечо статической остойчивости, м
- $l_{90} = 0,54 \times D - Z_g$  - плечо остойчивости при крене  $90^\circ$ .
- $d = D - FMD$  - осадка корпусом, м
- $Z_g = 0,074 \times BWL^2 / d + 0,6 \times d - h_0$  - аппликата центра тяжести, м

При использовании данных мерительного свидетельства IOR допускается принимать  $D = ICMD$  и  $d = ICMDI$ .

Затем строится диаграмма остойчивости по 4-м точкам и экстраполируется до угла заката. При этом предполагается, что:

- $l_0 = 0$
- $l_{15} = h_0 \times \Theta / 57,3 = 0,26 \times h_0$
- $l_{60} = l_{max}$  (т.е. максимум диаграммы остойчивости достигается на угле крена  $60^\circ$ ).
- $l_{90} = 0,54 \times D - Z_g$

Принимая для  $h_0$  среднее из вычисленных по данным Табл.3-4 значение  $h_0=0,874$  м, а также средние по мерительным свидетельствам IOR яхт «Онега» и «Ника» (Приложение 1) величины  $D=ICMD=1,82$  м,  $d=ICMDI=1,028$  м и  $BWL= 2,674$  м, получим по приведенным выше формулам:  $Z_g=1,132$  м;  $l_{15}=0,227$  м;  $l_{60}=l_{max}=0,655$  м;  $l_{90}=-0,149$  м. По данным мерительных свидетельств RS-2000 яхт «Онега», «Ника» и «Лилия» средние величины  $D= 1,803$  м,  $d= 0,840$  м и  $BWL= 2,577$  м приводят к  $Z_g=1,089$  м;  $l_{15}=0,227$  м;  $l_{60}=l_{max}=0,655$  м;  $l_{90}=-0,115$  м.

Сравнивая полученные значения плеч со снятыми с диаграммы на Рис.12 для обмерного состояния яхты  $l_{cm_{15}}=0,204$  м;  $l_{cm_{60}}= 0,561$  м;  $l_{cm_{90}}=0,676$  м, видим, что приближенный подход существенно занижает положение ЦТ и несколько завышает остойчивость яхты Л-6 в интервале углов крена  $0-70^\circ$ . Плечо  $l_{90}$  получается отрицательным! В связи с этим и угол заката условной диаграммы оказывается в интервале  $70-90^\circ$ , что противоречит здравому смыслу и полученным выше результатам расче-

Подп. и дата									
Взаим.инв. №									
Инв.№ дубл.									
Подп. и дата									
Инв.№ подл.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист
									42

тов по диаграмме на Рис.12 ( $\Theta_{зак} = 147^\circ$ ) и тестовому расчету ORC (Offshore Racing Congress) диаграммы статической остойчивости для яхты класса Л-6 «Лилия» ( $\Theta_{зак} = 139^\circ$ , см. Приложение 2).

Объясняется это тем, что приближенные выше формулы получены в результате статистической обработки данных по яхтам с современными обводами корпуса и не годятся для яхт классической формы, у которых отсутствуют ярко выраженные «высота борта» и «осадка корпусом» без фальшкиля.

Еще одна статистическая зависимость для аппликаты ЦБС, приведенная в [4]  $Z_D = 0,58T$ , по которой для яхты Л-6 получается  $Z_D = 0,58 \times 1,80 = 1,044$  м, дает хорошее приближение к действительному значению, находящемуся в диапазоне 1,0–1,07 м (см. раздел 7.2).

## 11. ПОСАДКА И ОСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ УГЛЕ КРЕНА $90^\circ$

Крен в  $90^\circ$  на парусной яхте в реальных условиях может быть вызван только сильным шквалом или серией крутых боковых волн с высотой примерно равной высоте корпуса яхты. Иногда при неудачной или неправильной уборке спинакера, он может «забрать» боковой ветер и создать динамический крен близкий к  $90^\circ$ .

Поскольку крен в  $90^\circ$  и его последствия явно характеризуют остойчивость и безопасность яхты, то для относительно легких яхт его можно создать искусственно и опытным путем определить плечо статической остойчивости в этом «критическом» положении яхты.

Для относительно тяжелой килевой яхты класса Л-6 в реальности обычными средствами без специальной оснастки создать искусственно такой крен при статическом накрениении за мачту затруднительно. По диаграмме на Рис.12 максимальное плечо остойчивости равно  $l_{cm\_max} = 0,730$  м и соответствует углу крена  $81^\circ$ . При создании кренящего момента тягой спинаекр-фала за мачту у топ-вант плечо кренящей силы будет примерно равно

$$h_{кр} = h_M + D_M - Z_g - l_{cm\_max}, \quad (24)$$

где  $h_M$  – высота блока фала над палубой;  $D_M$  – высота корпуса в районе мачты;  $Z_g$  – аппликата ЦТ от ОП;  $l_{cm\_max}$  – максимальное плечо остойчивости.

Инв.№ подл.	Подп. и дата
	Взаим.инв. №
	Инв.№ дубл.
	Подп. и дата

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

Даже при условии, что кренящая сила будет оставаться в процессе кренования перпендикулярной мачте (что в реальных условиях осуществить затруднительно), максимальная величина этой силы будет равна

$$P_{\max} = \frac{Gl_{cm\max}}{h_{кр}} \quad (25)$$

Для яхты Л-6 при  $h_M=11,5$  м,  $D_M=2,6$  м,  $Z_g=1,4$  м,  $G=6500$  кг и  $l_{cm\max}=0,730$  м получаем  $h_{кр}=11,97$  м и  $P_{\max}=400$  кг.

Однако компьютерное моделирование позволяет воспроизвести такую ситуацию и наглядно увидеть, как ведет себя яхта в таком положении. Моделирование положения яхты при крене  $90^\circ$  выполнено А.Л.Ходоровским и показано на Рис.21.

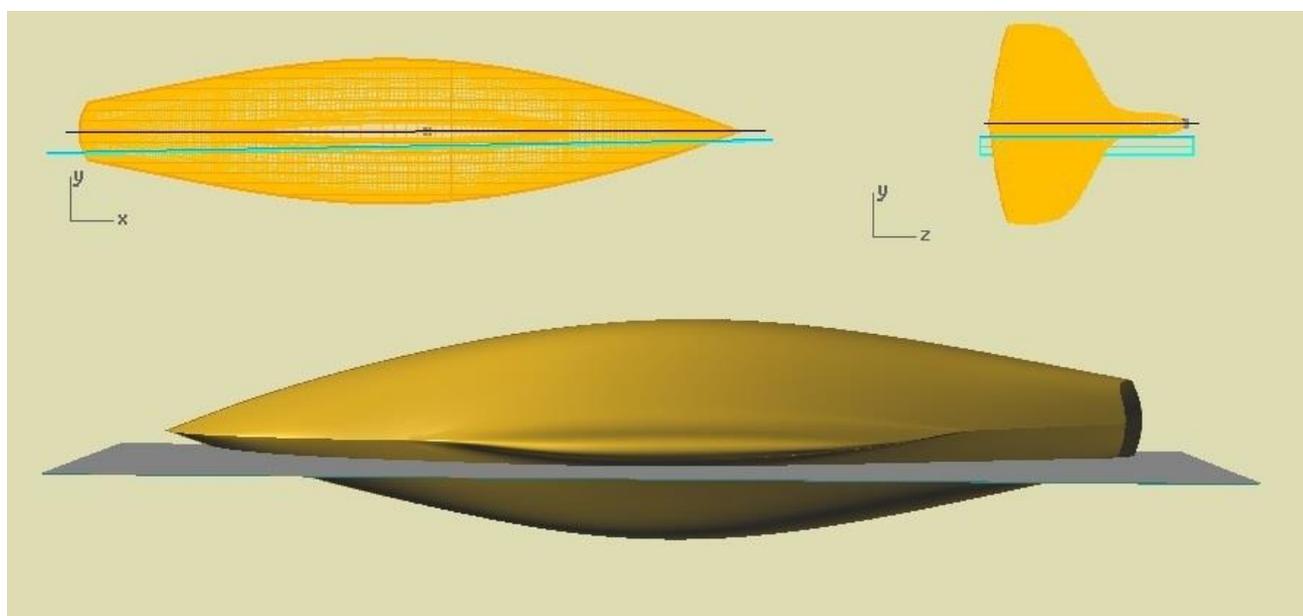


Рис.21. Моделирование положения яхты класса Л-6 при угле крена  $90^\circ$

Результаты расчета показывают, что для яхты с экипажем и запасами при  $G=7400$  кг и  $Z_g=1,52$  м даже без учета объема рубки ДП возвышается над поверхностью воды в среднем на  $0,323$  м при дифференте  $1,1^\circ$  на нос. При ширине рубочного и палубного люков  $0,6$  м они возвышаются над поверхностью воды на  $23$  мм. Плечо статической остойчивости составляет  $l_{cm_{90}}=0,600$  м, а восстанавливающий момент равен  $4440$  кг·м.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						44

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ ПАРУСНЫХ ЯХТ

При проектировании яхт класса Л-6 А.П.Киселев руководствовался действующими в 1958 году Правилами классификации и обмера килевых яхт СССР. В журнале «Катера и яхты» №1 за 1963 г. он писал: «Яхта Л-6 предназначена для крейсерских плаваний в заливах Балтийского, Черного и других морей, а также в открытом море с удалением от берега до 100 миль, для дистанционных гонок и классных соревнований». Более 50-летний опыт интенсивной эксплуатации большого количества этих яхт на различных акваториях доказал их надежность и мореходность. Ни одного аварийного случая, ни в крейсерских плаваниях, ни в крейсерских гонках, связанного с остойчивостью этих яхт, не зарегистрировано, несмотря на то, что эти плавания и гонки неоднократно проходили в суровых штормовых условиях [1].

В настоящее время нет единых норм по остойчивости парусных судов и яхт. Парусные яхты проектируются либо как прогулочные, либо как спортивные. Есть и комбинированные классы яхт. К ним относится крейсерско-гоночная яхта класса Л-6, спроектированная по национальным правилам.

Парусные яхты для участия в гонках и плаваниях различной категории сложности должны удовлетворять либо Специальным правилам ISAF для морских гонок [11], либо правилам РМРС [12] и ГИМС [13] в зависимости от регистрации и назначения яхты. Рассмотрим требования указанных документов к остойчивости яхт.

### 11.1. Требования ISAF

Специальные правила Международной федерации парусного спорта (ISAF) для морских гонок подразделяют гонки на 4 категорий, для каждой из которых устанавливаются определенные требования к остойчивости. Яхты должны подтвердить соответствие параметров остойчивости стандарту ISO 12217-2 [10], указанному в Табл.10.

Таблица 10

Требования ISO 12217-2 к остойчивости парусных судов и яхт

Категория плавания	<i>STIX</i>	<i>AVS</i>	Категория гонок
A - океанское плавание	32	$(130-0,002 \cdot m)$ и $\geq 100^\circ$	0, 1, 2
B - морское плавание	23	$(130-0,005 \cdot m)$ и $\geq 95^\circ$	3
C - прибрежное плавание	14	$\geq 90^\circ$	
D - внутренние воды	5	$\geq 75^\circ$	

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						45

В Табл.10  $m$  – минимальное эксплуатационное водоизмещение яхты в кг, а индекс остойчивости  $STIX$  определяется согласно методике ISO 12217-2 и зависит от восьми факторов:

$$FDS = \left( \frac{A_{GS}}{15,81\sqrt{L_H}} \right)^{0,3} \quad \text{– фактор динамической остойчивости, где } A_{GS} \text{ – площадь пологительной части диаграммы статической остойчивости м·град; } L_H \text{ – длина корпуса, м;}$$

$$FIR = \begin{cases} \frac{\Theta_{зак}}{125 - m/1600} & m < 40\,000 \\ \frac{\Theta_{зак}}{100} & m \geq 40\,000 \end{cases} \quad \text{– фактор, учитывающий угол заката } \Theta_{зак};$$

$$FKR = \begin{cases} 0,875 + 0,0833 F_R & F_R \geq 1,5 \\ 0,5 + 0,333 F_R & F_R < 1,5 \\ 0,5 & \Theta_{зак} < 90^\circ \end{cases} \quad \text{– фактор, учитывающий возможность самостоятельного спрямления при крене } 90^\circ, \text{ где } F_R = \frac{GZ_{90} m}{2 A_s h_{CE}};$$

$GZ_{90}$  – плечо статической остойчивости при крене  $90^\circ$ , м;  $A_s$  – площадь парусности,  $m^2$ ;  $h_{CE}$  – высота ЦП над ВЛ;

$$FDL = \left( 0,6 + \frac{15 m F_L}{L_{BS}^3 (333 - 8 L_{BS})} \right)^{0,5} \quad \text{– фактор отношения водоизмещения к длине; где}$$

$$L_{BS} = (2 L_{WL} + L_H) / 3 ; F_L = (L_{BS} / 11)^{0,2}$$

$$FBD = \begin{cases} \left( 13,31 B_{WL} / (B_H F_B^3) \right)^{0,5} & F_B > 2,20 \\ \left( B_{WL} F_B^2 / (1,682 B_H) \right)^{0,5} & F_B < 1,45 \\ 1,118 (B_{WL} / B_H)^{0,5} & \end{cases} \quad \text{– фактор отношения водоизмещения к}$$

ширине; где  $F_B = 3,3 B_H / (0,03 m)^{1/3}$ ;  $B_H$  – ширина корпуса;  $B_{WL}$  – ширина ВЛ;

$$FWM = \begin{cases} 1 & \Theta_{DW} \geq 90^\circ \\ \frac{v_{AW}}{17} & \Theta_{DW} < 90^\circ \end{cases} \quad \text{– фактор, учитывающий возможность заливания}$$

при углах крена до  $90^\circ$ ; где  $\Theta_{DW} = \min(\Theta_{DC}, \Theta_{DH})$ ;  $\Theta_{DC}$  – угол крена, при котором заливаются медленно осущающиеся кокпиты;  $\Theta_{DH}$  – угол крена, при котором заливаются главные люки;  $v_{AW}$  – скорость вымпельного ветра, приводящая к углу крена  $\Theta_{DW}$  при полной парусности, м/с, определяемая формулой

Подп. и дата									
Взаим.инв. №									
Инв.№ дубл.									
Подп. и дата									
Инв.№ подл.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист
									46

$$v_{AW} = \left( \frac{13 m GZ_D}{A_s (h_{CE} + h_{LP}) |\cos \Theta_{DW}|^{1,3}} \right)^{0,5}$$
, где  $h_{LP}$  – отстояние ЦБС от ВЛ, м;  $GZ_D$  – плечо остойчивости при угле крена  $\Theta_{DW}$ , при котором на тихой воде происходит заливание корпуса, м;

$$FDF = \frac{\Theta_{DF}}{90}$$
– фактор, учитывающий угол заливания, где угол крена  $\Theta_{DF}$  выбирается как наименьший из всех углов заливания, включая угол заката диаграммы  $\Theta_{зак}$ .

Индекс остойчивости  $STIX$  определяется по формуле

$$STIX = (7 + 2,25 L_{BS}) (FDS \times FIR \times FKR \times FDL \times FBD \times FWM \times FDF)^{0,5} \quad (26)$$

Указанные выше расчетные параметры для яхт класса Л-6 принимают значения указанные в Табл.11. Здесь же приведены допустимые значения факторов остойчивости, вычислены их значения, а также рассчитан индекс остойчивости.

Таблица 11

Расчет индекса остойчивости ISAF для яхты класса Л-6

$m$ , кг	$L_H$ , м	$B_H$ , м	$A_S$ , м <sup>2</sup>	$L_{WL}$ , м	$L_{BS}$ , м	$B_{WL}$ , м	$h_{CE}$ , м	$GZ_{90}$ , м	$\Theta_{зак}$ , град	$\Theta_{DF}$ , град	$\Theta_{DW}$ , град
7400	12,50	2,80	70,0	8,90	10,1	2,66	6,26	0,60	146	146	>90
$A_{GS}$ , м·град	$F_R$	$F_L$	$F_B$	$FDS$ [0,5-1,5]	$FIR$ [0,4-1,5]	$FKR$ [0,5-1,5]	$FDL$ [0,75-1,25]	$FBD$ [0,75-1,25]	$FWM$ [0,5-1,0]	$FDF$ [0,5-1,25]	$STIX$
53,58	5,066	0,983	1,526	0,987	1,196	1,297	1,01	1,09	1,0	1,25	43,15

Как видно из Табл.11 величина индекса остойчивости яхты Л-6 по правилам ISAF равна  $STIX=43$ . Величина  $AVS=130-0,002*7400=115,2^\circ$ . Таким образом, по критерию остойчивости ISAF (п.3.04) и стандарту ISO 12217-2 (п.6.) в части остойчивости яхты класса Л-6 имеют достаточную остойчивость, чтобы быть допущенными к гонкам и плпаниям всех категорий. Однако, учитывая отсутствие у яхт класса Л-6 водонепроницаемых переборок и по ряду других требований Специальных правил ISAF, они могут участвовать в соревнованиях и плаваниях не выше 2-й категории.

Специальные правила ISAF допускают использование других критериев остойчивости, например, ORC Rating System или IRC SSS Base.

Подп. и дата	Расчет индекса остойчивости ISAF для яхты класса Л-6											
	<p>Как видно из Табл.11 величина индекса остойчивости яхты Л-6 по правилам ISAF равна <math>STIX=43</math>. Величина <math>AVS=130-0,002*7400=115,2^\circ</math>. Таким образом, по критерию остойчивости ISAF (п.3.04) и стандарту ISO 12217-2 (п.6.) в части остойчивости яхты класса Л-6 имеют достаточную остойчивость, чтобы быть допущенными к гонкам и плпаниям всех категорий. Однако, учитывая отсутствие у яхт класса Л-6 водонепроницаемых переборок и по ряду других требований Специальных правил ISAF, они могут участвовать в соревнованиях и плаваниях не выше 2-й категории.</p> <p>Специальные правила ISAF допускают использование других критериев остойчивости, например, ORC Rating System или IRC SSS Base.</p>											
Взаим.инв. №												
Инв.№ дубл.												
Подп. и дата												
Инв.№ подл.												
												Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6						47	

В статье [6] приводится национальная методика оценки остойчивости парусных яхт по Правилам классификации спортивных судов (Приложение 1 к приказу Госкомспорта РФ № 440 от 05 ноября 2002 г.), которая соответствует правилам обмера IMS и системе гандикапа ORC Rating System. По этой методике индекс остойчивости *STIX* должен соответствовать значениям Табл.12.

Таблица 12

Значения индекса остойчивости *STIX* и категории плавания

Категория плавания	<i>STIX</i>
0	125
1	115
2	110
3	103

Кроме того, для яхт выше 3-й категории плавания включительно угол заката диаграммы статической остойчивости *LPS* должен быть не менее  $103^{\circ}$ .

По этой методике индекс остойчивости *STIX* равен

$$STIX = LPS + CI + SI, \quad (27)$$

где  $CI = 1,86(0,2 - BMAX/DISPL^{1/3})$  – параметр опрокидывания, который должен находиться в пределах  $-5^{\circ} \leq CI \leq 5^{\circ}$ ;  $SI = 0,434 DISPL^{1/3} + 0,3645 LWL - 10^{\circ}$  – параметр размера, при этом  $SI \leq 10^{\circ}$ .

Подставляя значения для яхты класса Л-6  $DISPL=7400$  кг,  $BMAX=2,80$  м,  $LWL=8,90$  м,  $LPS=146^{\circ}$  получим  $CI=0,105^{\circ}$ ;  $SI=1,701^{\circ}$  и  $STIX=148^{\circ}$ . Видим, что индекс остойчивости яхты Л-6 и по этим правилам соответствует 0-й категории плавания.

## 12.2. Требования РМРС

Требования по остойчивости спортивных парусных судов приведены в части V Правил проектирования, постройки, ремонта и эксплуатации спортивных парусных судов РМРС [12].

Требование 2.2 подразумевает минимальную высоту надводного борта не менее 0,5 м.

Подп. и дата
Взаим.инв. №
Инв.№ дубл.
Подп. и дата
Инв.№ подл.

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Для яхты класса Л-6 при водоизмещении 7400-7500 кг осадка составляет  $T_{7500}=1,85$  м (см. Приложение 3). При минимальной высоте корпуса яхты Л-6 проекта 1963-64 гг. (см. Табл.1; проекты Л-6 1971 г. и Л-6М 1975 г. имеют высоту корпуса соответственно на 50 и 100 мм больше)  $D_{min}=2,56$  м минимальная высота надводного борта равна  $D_{min} - T_{7500} = 2,56 - 1,85 = 0,71$  м, что больше 0,5 м.

По требованию 3.1 яхта должна противостоять опрокидыванию. Предыдущие расчеты (разделы 7.1-7.3, 8, 10, 11.1) показывают, что яхты Л-6 имеют высокую остойчивость, и по требованиям ISO 12217-2 и ISAF к остойчивости могут быть допущены к океанскому плаванию категории "А" и гонкам вплоть до высшей 0-й категории.

По требованию 3.4 для соответствия 1-3 категориям яхта может не иметь поперечных переборок (поскольку переборки по требованиям 1.1-1.5 части II Правил требуются только для 0-й категории), должна быть закрыта водонепроницаемой палубой, а люки при угле крена  $90^\circ$  должны находиться выше ВЛ, быстро и надежно закрываться. Яхты класса Л-6 не имеют водонепроницаемых поперечных переборок, но имеют водонепроницаемую палубу, рубку и кокпит, люки быстро и надежно закрываются и при угле крена  $90^\circ$  и водоизмещении 7500 кг находятся выше ВЛ (см. раздел 10), поэтому они соответствуют категориям 1-3.

По требованию 1.6.1 масса минимального экипажа, кг, принимается равной

$$CW = 74,95276 \left( \Delta_{SPM} / L^3 \right)^{0,375} (RM(\Delta_{SPM} BMAX))^{0,4} L^{1,55}, \quad (28)$$

где  $\Delta_{SPM}$  – обмерное водоизмещение, кг;  $L=(LOA+LWL)/2$  – расчетная длина;

$$RM = \Delta_{SPM} h_0 / 57,3.$$

По требованию 1.6.2 масса спасательного снабжения, кг, д.б. не менее

$$G_{if} = (LOA - 2,5)^2. \quad (29)$$

Принимая для яхты Л-6  $\Delta_{SPM} = 7400$  кг,  $LOA = 12,5$  м,  $L = (12,5 + 8,9) / 2 = 10,7$  м,  $BMAX = 2,80$  м, среднее значение  $RM = 100,7$  кг·м/град (Табл.3-4), получим  $CW = 688,5$  кг,  $G_{if} = 100$  кг, что в сумме дает примерно 790 кг. Напомним, что в разделе 7.3 суммарный вес экипажа и запасов был принят равным 900 кг, что не противоречит требованиям 1.6.1 и 1.6.2 правил РМРС.

Подп. и дата									
Взаим. инв. №									
Инв. № дубл.									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист
									49

### 12.3. Требования ГИМС

Поскольку яхты класса Л-6 эксплуатируются не только как спортивные, но и как прогулочные, и многие из них зарегистрированы в ГИМС, рассмотрим требования ГИМС по остойчивости [13].

По требованию 6.2 при полном водоизмещении маломерного судна минимальный надводный борт должен быть не менее 6% максимальной длины корпуса. Для яхты Л-6 максимальная длина равна 12,5 м, что соответствует минимальной высоте борта 0,75 м. У яхт Л-6 проекта 1963-64 гг. при полном водоизмещении 7400 кг высота надводного борта в носу составляет 0,925 м, в корме 0,71 м, на миделе 0,735 м (см. Табл.1 и раздел 11.2). Таким образом, высота борта на миделе меньше минимально допустимой на 15 мм, в корме - на 40 мм. Однако учитывая высокую остойчивость яхт Л-6, закрытость водонепроницаемой палубой, такое отклонение следует считать несущественным. У яхт класса Л-6 проекта 1971 и 1975 гг. высота борта увеличена соответственно на 50 и 100 мм и ее минимальная величина составляет соответственно в корме 0,76 и 0,81 м, что больше минимально допустимой величины.

Согласно требованию 7.6 остойчивость парусных и парусно-моторных судов рассчитывается и проверяется по формуле

$$\frac{B_{MAX} + 2D}{LWL} + \frac{T \cdot K}{2} \geq 0,8, \quad (30)$$

где  $K = G_{\phi} / G = 3300 / 6550 = 0,504$ ;  $D$  – наибольшая высота борта корпуса (см. раздел 10);  $T$  – осадка на миделе порожнем.

Вычисления по формуле (30) при  $K = 0,504$ ,  $D \cong 1,8$  м,  $T = 1,80$  м,  $LWL = 8,60$  м,  $B_{MAX} = 2,80$  м дают результат, равный 1,2, что больше требуемого значения.

Согласно требованию 7.7 для парусных и парусно-моторных судов рассчитывается минимальная скорость ветра, при которой судно с полным парусным вооружением и минимальной нагрузкой будет двигаться с креном  $30^{\circ}$  по формуле

$$W = 119 \sqrt{\frac{M_{30}}{h_{II} \cdot SA}}, \quad (31)$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						50

где  $M_{30}$  – восстанавливающий момент при крене  $30^\circ$ , т·м;  $h_{II} = 0,5(h_M + 0,5T)$ ;  $h_M$  – высота мачты над ВЛ.

С учетом диаграммы на Рис.12  $M_{30} = DISPL \cdot l_{cm\_30} = 6,500 \cdot 0,364 = 2,366$  кг·м;  $h_M = 15,75$  м;  $T = 1,80$  м,  $h_{II} = 8,325$  м;  $SA = 70$  м<sup>2</sup>.

По формуле (31) получаем  $W = 7,6$  м/с, что меньше значения, указанного в Табл.6 ( $W = 9,6$  м/с). Объясняется это тем, что формула (31) по своей сути соответствует формуле (12) при  $f_{YZ}(\Theta) = 1$ . Из формулы (12) при  $\gamma_B = 1,225$  кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $M_{30} = G \cdot l_{cm\_30}$  можно получить

$$W = 126 \sqrt{\frac{M_{30}}{h \cdot SA}} \quad (32)$$

Как видно из сравнения формул (32) и (31), формула ГИМС дает заниженную на 5,5% скорость ветра. Кроме этого, рекомендация по вычислению возвышения ЦП над ЦБС  $h_{II}$  приводит к завышению этой величины. Так, для яхты Л-6 это возвышение составляет  $h = 6,786$  м (см. раздел 7.2), что существенно меньше рекомендуемого ГИМС значения  $h_{II} = 8,325$  м. Вычисления по формуле (31) дают  $W = 8,9$  м/с. При использовании для кренящей силы коэффициента К.Дэвидсона для крена  $30^\circ$  (см. Табл.7) получаем  $W = 16,7$  м/с (см. Табл.8), что в 2,2 раза превышает оценку по правилам ГИМС.

В этом же требовании 7.7 нормируется допустимая скорость ветра, по которой назначается разрешенный район плавания,

$$W_D = \frac{2}{3} W \quad (33)$$

По формуле (33) оценка ГИМС для яхты Л-6 дает  $W_D = 5,0$  м/с, что явно не учитывает реально высокой остойчивости яхты. Используя полученное в данном расчете с учетом коэффициента кренящей силы на курсе бейдевинд по К.Дэвидсону и фактическое возвышение ЦП над ЦБС значение  $W = 16,7$  м/с, допустимая скорость ветра для яхты Л-6 из условия не превышения угла крена  $30^\circ$  составляет  $W_D = 11,0$  м/с.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						51

### 13. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

1. Получены диаграммы статической остойчивости яхты класса Л-6 при углах крена в диапазоне 0-180° в обмерном состоянии и в рабочем состоянии с экипажем и запасами (с.26,34). Диаграммы показывают высокую остойчивость яхты и сопротивляемость опрокидыванию на больших углах крена. Угол заката диаграмм лежит в интервале 140-150°, максимальное плечо остойчивости на углах крена 80-90° составляет 0,60–0,73 м; начальная метацентрическая высота 0,80-0,90 м; соотношение площадей под кривыми остойчивости до угла заката и после него составляют ~30. Максимальный восстанавливающий момент возникает на углах крена 80–90° и составляет 4650–4750 кг·м. При угле крена 30° восстанавливающий момент составляет 2370 кг·м в обмерном состоянии и 2610 кг·м с экипажем и запасами без откренивания яхты. Откренивание яхты экипажем позволяет в интервале углов крена 0–50° увеличить восстанавливающий момент на 10-11% и уменьшить угол крена на 5–6°.
2. Получены зависимости угла статического крена от скорости истинного ветра при полной парусности 70 м<sup>2</sup> при различных подходах к вычислению кренящей силы: при боковом ветре и расположении условных плоских парусов в ДП яхты с кренящей силой пропорциональной косинусу угла крена (с.29); на курсе крутой бейдевинд с оптимально стоящими парусами аэродинамического профиля с кренящей силой пропорциональной коэффициентам К.Дэвидсона (с.30,32). Построены диаграммы угла крена от скорости ветра на курсе крутой бейдевинд для полной парусности без учета и с учетом откренивания яхты экипажем (с. 35). Из диаграмм следует что, например, для истинного ветра скоростью 10 м/с угол крена при полном водоизмещении 7400 кг составляет без откренивания около 17°, а при откренивании четырьмя членами экипажа – около 12°.
3. Получены диаграммы плеча динамической остойчивости яхты (с.37) и диаграммы динамического кренящего момента для полной парусности 70 м<sup>2</sup> при различных подходах к вычислению кренящей силы (с.37,39). Из диаграмм следует что, например, для порыва ветра с истинной скоростью 11,5 м/с яхта с экипажем и запасами на курсе крутой бейдевинд без откренивания накренится на 32°, а при откренивании – на 24°.
4. Анализ имеющихся статистических данных, эмпирических диаграмм и формул показывает что, если они предназначены для яхт с классической формой корпуса, то

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

вычисления по ним дают близкие к полученным здесь результатам. Причем по различным источникам приводимые в них углы крена оказываются завышенными на 4–6°, а вычисленные по эмпирическим диаграммам плечи статической остойчивости – завышенными на 10–15% (с.41). Существующая методика [6] построения условной диаграммы статической остойчивости по данным мерительных свидетельств для яхты класса Л-6 приводит к неудовлетворительным результатам поскольку не учитывает своеобразие формы классического корпуса яхты.

5. Выполненный численный анализ накренения яхты и её положения при крене 90° с полным водоизмещением 7400 кг показывает, что даже при неучете объема герметичной рубки ДП оказывается выше ВЛ в среднем на 323 мм при дифференте 1,1° на нос, причем палубный и рубочный люки оказываются на 23 мм выше уровня воды (с.44). Плечо статической остойчивости составляет в этом положении 0,6 м, а восстанавливающий момент 4440 кг·м. Дифферент яхты при ее накренении для всех рассмотренных вариантов нагрузки не превышает 1,5°.
6. Анализ международных требований к остойчивости яхт показывает, что по Специальным правилам ISAF для морских гонок и стандарту ISO 12217-2 яхта Л-6 имеет высокий индекс остойчивости  $STIX=43$  и  $AVS=115^\circ$  (с.47), позволяющие ей совершать плавания вплоть до океанских (категория "А") и участвовать в гонках всех категорий (0-3). То же самое подтверждается правилами обмера IMS и системой гандикапа ORC Rating System, по которой индекс остойчивости у яхты Л-6 получается равным  $STIX=148^\circ$ .
7. Анализ национальных требований к остойчивости парусных яхт по Правилам классификации спортивных судов показывает, что индекс остойчивости, полученный в соответствии с методикой оценки остойчивости, для яхт класса Л-6 равный  $STIX=148^\circ$  (с.48), позволяет им участвовать в гонках всех категорий (0-3).
8. Анализ требований части V правил Российского морского регистра судоходства (РМРС) по остойчивости спортивных парусных судов показывает, что яхты класса Л-6 соответствуют категориям 1-3 (с.49).
9. Анализ требований Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России (ГИМС) по остойчивости парусных прогулочных судов показывает, что яхты класса Л-6 удовлетворяют этим требованиям, и допустимая скорость ветра для них при полной парусности составляет 11 м/с (с.50-51).

Интв.№ подл.	Подп. и дата	Интв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						53





## 16. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Манухин В.А. Морские яхты национального класса Л-6. История и современность. –СПб: Премиум-Пресс, 2018
2. Мархай Ч. Теория плавания под парусами. –М: Физкультура и спорт, 1963
3. Григорьев Н.В. Расчет остойчивости яхт. «Катера и яхты», № 3, 1964, с. 136-140
4. Якшаров П.С. Критерии оценки остойчивости яхт. «Катера и яхты», № 2(36), 1972, с. 28-30
5. Справочник по теории корабля. - Л.:Судостроение, Т.2, 1985
6. Алексеев В.В. Методика оценки остойчивости крейсерских яхт.  
<http://www.onsea.ru/new/lib/analytic/278.html>
7. Назаров А.Г., Назарова Л.Б. Остойчивость малых парусных судов как фактор безопасности. «Судоходство», № 5-6, 2003
8. Анфимов В.Н., Сиротина Г.Н., Чижов А.М. Устройство и гидромеханика судна. –Л: Судостроение, 1974
9. Назаров А.Г. Остойчивость парусных яхт и малых судов. «Шкипер», №1-2, 2003  
<https://yachtshipyard.wordpress.com/2011/05/24>
10. International Standart ISO 12217-2/ Second edition, 2013-03-01
11. Специальные правила ISAF для морских гонок 2016-2017. WORLD SAILING/ перевод, Российский рейтинг офис ORC. –СПб, 2016
12. Правила проектирования, постройки, ремонта и эксплуатации спортивных парусных судов, а также изготовления материалов и изделий для установки на спортивных парусных судах. НД № 2-020401-001. -СПб, РМРС, 2010
13. Требования ГИМС МЧС России к техническому состоянию прогулочных судов.  
<http://24kater.ru/osnovnye-tehnicheskie-trebovaniya-k>

Подп. и дата

Взаим.инв. №

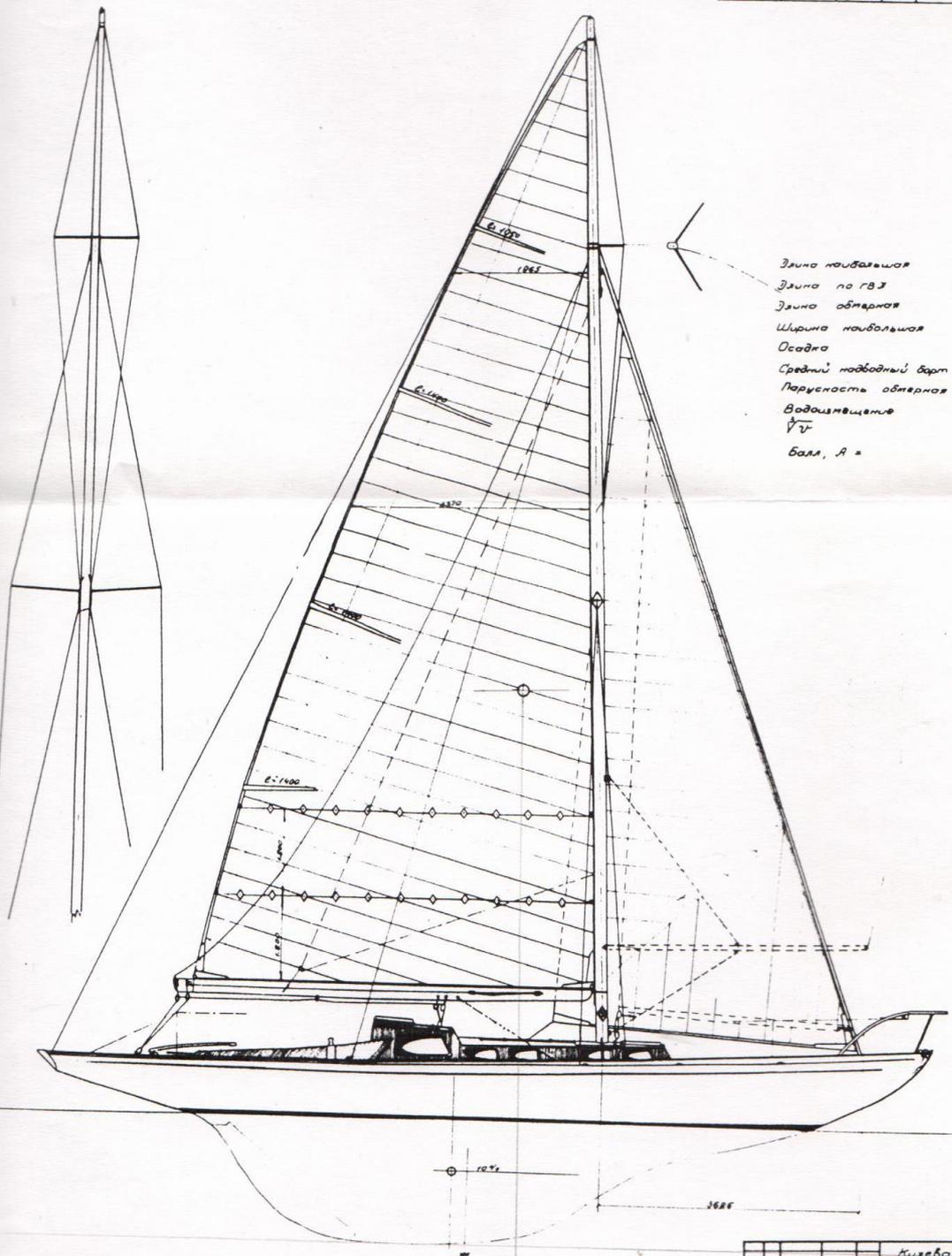
Инв.№ дубл.

Подп. и дата

Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Парус	Материал	Передняя шкаторня		Задняя шкаторня		Поперечная шкаторня		Длина
		Велич. сгрп.	Велич. сгрп.	Велич. сгрп.	Велич. сгрп.	Велич. сгрп.	Велич. сгрп.	
Горн I	Элт 218	13 500	—	14 400	570	5 620	—	387
— II	Элт 2075	13 300	—	14 600	570	6 620	—	387
Стансаль I	Элт 218	10 800	—	9 800	100	4 200	—	210
— II	Элт 2075	9 000	—	8 400	100	3 250	—	143
Спичовет	Пергаман	11 600	—	—	—	8 200	—	1000
Риссера	Политон	8 000	—	11 100	250	4 500	—	203



Киевская яхта Л-6			
Общий вид		16-00-00	
и парусность		м	т
В.С.	Д.С.	1	30
В.С.	Д.С.	1	30

Инв.№ подл.	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

ПАРУСНЫЙ КРЕЙСЕРСКИЙ СОЮЗ  
С-Петербург

Измерения в метрах и килограммах  
Мариталь Чайкин, ВВ  
Выдано:

Яхта: **ЛИЛИЯ**  
 Номер на парусе: **RUS 803**  
 Дата обмера: **10.08.2000**  
 Тип яхты: **Л-6**  
 Конструктор: **А.П. Киселев**  
 Строитель: **Верфь ВЦСЛС**  
 Оборудование: **Бермудск. шлюп.**  
 Киль: **Нинненейт**  
 Вымпл: **—**  
 Установка: **—**  
 Максимальная масса экипажа: **711,7 кг**

**Обмер корпуса**  
 DISPL: **6.410 кг**  
 LOA: **12.640**  
 Вmax: **2.810**  
 Bwi: **2.610**  
 Tc: **1.020**  
 D: **1.800**  
 Rm: **97.23**  
 L: **11.072**  
 Киль: **0.760**  
 Вк: **3.905**  
 Бульб: **Нет**  
 Db: **—**  
 Lb: **—**  
 Руль: **0**  
 Нг: **0**  
 Вг: **0**

**Обмер парусов**  
 I: **13.36**  
 E: **4.53**  
 BAS: **1.10**  
 MGU: **0.90**  
 MGM: **2.84**  
 MGL: **3.85**  
 HB: **0.15**  
 Схвозные паты: **нет**  
 Качество: **(2.002)**  
 Стаксель: **—**  
 J: **11.566**  
 LP: **3.97**  
 JL: **5.95**  
 JL: **13.90**  
 JL: **(2.3073)**  
 Качество: **—**  
 Спиккер: **—**  
 Симметричный: **нет**  
 Ассиметричный: **нет**  
 SL: **11.58**  
 SMW: **7.40**  
 SPL: **3.97**  
 Качество: **—**  
 Спиккер: **—**  
 Симметричный: **нет**  
 Ассиметричный: **нет**  
 SL: **11.58**  
 SMW: **7.40**  
 SPL: **3.97**

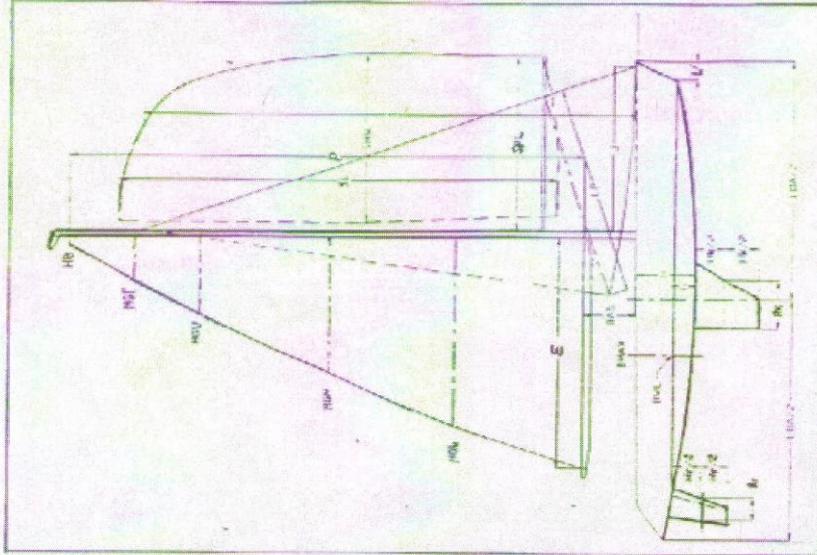
Расчетные параметры

Усредненное время прохождения 1 мили RS:  
 Коэффициент RRS:

Результаты по дистанции

Время RS A RS B

Круговая: **—**  
 Олимпийская: **—**  
 Петля: **—**  
 Парировка: **—**  
 Ферривинд: **—**



Я ПОНИМАЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ  
ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

Владелец:  
 Адрес:  
 Телефон:  
 Подпись:

*Victor Vladimirovich*

116



Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

КОМИТЕТ ПО ПРАВИЛАМ RS  
С.-Петербург

### Мерительное свидетельство RS № RUS 671/1

Действительно до 31/12/2001  
Меритель № 209 Алексеев В.В.      Рассчитал Матаруев М.О.

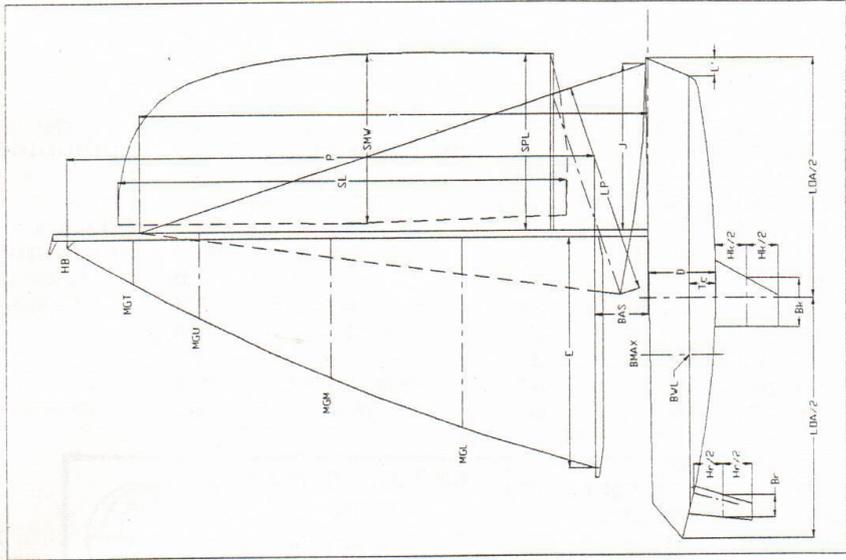
Измерения в метрах и килограммах.

Дата обмера: 30/08/2001  
Дата обмера на плаву: 30/08/2001  
Дата выдачи: 05/09/2001  
Яхта: Онега  
Регистрационный №: RUS 671  
Тип яхты: Л-6  
Конструктор: Киселев А.П.  
Строитель: ЛЭС ВЦСПС  
Вооружение: Бермудский шлюп  
Киль: Классический  
Винт: -Тостоянный  
Установка: С прямым валом

209  
Владелец: Федерация парусного спорта  
Адрес: г.Санкт-Петербург, крестовско-гоночных яхт  
Алексеев Василий Валентинович

RS: 807 RRS: 0.998

Круговая	Время	RS A	RS B
Олимпийская	807	0.7444	-0.0505
Пелля	893	0.7452	-0.0525
Лавирова	1013	0.7548	-0.0534
Фордевинд	1147	0.7278	-0.0707
	871	0.7710	-0.0426



Корпус	Киль и буйль	Паруса
По стандарту: 7110	НК: 13.23	P: 1.00
DISP: 12.00	BK: 4.86	E: 3.61
LOA: 1.57	TK: 1.22	BAS: 0.31
LFW: 1.12	TKMAX: 0.85	MGT: 0.00
LAW: 0.00	hb: 1.49	MGU: 0.00
LAW: 0.00	lb: 2.72	MGM: 0.00
L: 10.77	HKC: 3.86	MGL: 0.00
Bmax: 2.81	Hr: 0.25	HB: 1.53
Bwl: 2.46	B: 4	NB: 0.72
D: 1.60	Bt: 0	NBT: 0.08
Fmid: 0.90	Nr: 1	I: 11.67
Tc: 0.70		J: 3.87
Rm: 97.95		LP: 5.59
TETAст: 0.00		FSP: 0.00
Заявленный вес экипажа: -		LPC: 5.59
AL: 9.13		JL: 11.68
Пределы веса экипажа: 365-525		SL: 11.63
RS		SMW: 6.72
		SMWC: 6.97
		SPL: 3.92
		GLF: 0.00
		GLA: 0.00
		GMW: 0.00
		SBSL: 0.00

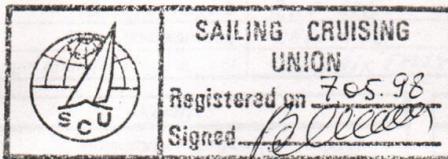
Я ПОНИМАЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ  
ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА  
Владелец: СИС ПАК  
Адрес: СИС, Петропавловская коса, 9 7  
Телефон: 2 35 0898  
Подпись: [Подпись]

TOTD - IOR 1996  
 \*\*\*\*\*  
 \$ НИКА \$  
 \$ RUS 668 A 0.9551 \$  
 \$ БАЛЛ 7.09 МЕТР. В 0.0084 \$  
 \*\*\*\*\*  
 Я ПОДТВЕРЖДАЮ, ЧТО ПОНИМАЮ  
 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ  
 ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

ПОДПИСЬ /ФИНАЛИЯ/

СВИДЕТЕЛЬСТВО N 668.003 СТР.1  
 ИЗМЕРЕНИЯ В МЕТРАХ И КИЛОГРАММАХ  
 ТИП И СТР. N: А-6 N 90  
 КОНСТРУКТОР: А.П.КИСЕЛЕВ  
 СТРОИТЕЛЬ : СУДОВЕРФЬ ВЦСПС  
 ВООРУЖЕНИЕ : БЕРМУДСКИЙ ШЛЮП  
 КИЛЬ : ПОСТОЯННЫЙ  
 ВИНТ : ХЕСТКИИ  
 УСТАНОВКА : С ВЫСТУПАЮЩИМ ВАЛОМ  
 НАЦ.ОРГАН: ВСЕРОССИЙСКАЯ ФПС  
 СРОК ДЕЙСТВИЯ 31.12.98

СВИДЕТЕЛЬСТВО N 668.003 НИКА  
 СТР.2 RUS 668  
 ---ВЫСОТЫ БОРТА---  
 FJS 1.250 DNS 1.665 RM1 93.304 PF 2.050  
 FFS 1.205 PDS 0.504 RM2 90.972 PS 0.300  
 FFIS 1.158 ESDS 0.400 RM3 94.927 DF 0.0444  
 FFDS 1.048 RM4 92.710 ENF 0.0018  
 FBIS 1.014 BBS 0.472 RM 92.978 PRDC 0.312  
 FMDS 0.952 BSC 0.000 RMC 92.978 PDC 0.608  
 FBMS 0.935 CFFI 0.000 TR 31.301  
 FAIS 0.867 FFM 1.113 SV -0.723  
 FAS 0.871 FAN 0.765 W 140.847  
 ---L/FC---D---DC---  
 FOC 0.7159 ABSL 3.375 FDIC 0.3625 DB 2.044  
 AOC 0.2063 APFL 3.674 FDI 0.362 RD 1.766  
 AOC 0.2063 BAPSL 0.000 ICNDI 1.152 DSPL 5927.  
 AOC 0.3253 APSLC 3.674 CHDI 0.646  
 AOC 0.0873 ACB1 0.087 IHD1 0.513  
 YCOR 0.0000 ACG2 0.000 MDI 0.427  
 FB 0.926 HGLA 1.048 IONDI 0.329 ICND 2.005  
 FH 0.974 HGLI 1.223 ONDI 0.214 IMD 1.366  
 CCAI 0.000 BDR 1.0070 MDIA 0.4208 IOND 1.182  
 ---ПЕР.ТР-К/ПРОТ-ШТРАФЫ---БИЗАНЬ/ШТР.---ГОК/ШТР.---  
 LP 6.165 SL 0.000 RYAY 0.000 RSAB 0.000  
 RYAF 34.678 SPS 0.000 RYAK 0.000 RSAB 0.000  
 RYAH 25.966 HBS 0.000 RYAC 0.000 RSAC 0.000  
 RYAM 12.063 HB 0.000  
 RYAN 24.305 BD 0.000 RYBY 0.000 RYBF 0.000  
 RYBF 0.9360 BAS 0.000 RYBY 0.000 RYBF 0.000  
 SATC -0.008 I/P 0.000 RYBY 0.000 RYBS 0.000  
 RYAT 58.974 BLP 0.000 I/PY 0.000 I/PSF 0.000  
 RYAL 31.596 BTNS 0.000 RYBY 0.000 RYBS 0.000  
 RYAN 48.937 NG 0.000 RYBY 0.000 RYNSF 0.000  
 S 7.6795  
 SHR 13.5276 SCF 1.0000 SCFA 0.9527 SA 7.3037  
 ---ПРЕДЕЛЫ---  
 BL1 1.003 BL3 1.624 BLP 2.672  
 BL2 1.194 BL4 1.624 HB 0.191  
 ---РАСЧ.ЗНАЧЕНИЯ---IIIA---  
 L 9.8247 SC 7.6795 DLF 1.0010 SCA 6.9580  
 B 2.7950 DC -0.0938 MAF 1.0000 DLFA 0.9800  
 D 1.4092 FC -0.0119 LRP 1.0000 CBFA 1.0000  
 CGF 0.9625 CBF 1.0000 MR 3.8370 CBFA 0.9600  
 EPF 0.9600 SMF 1.0000 R 8.1655 MRA2 7.6957  
 TPF 1.0000 CSF 0.9808 RA 7.0924  
 R = 8.17 м. ЛИМИТ ПАРУСОВ: СТАКСЕЛИ - 3, СПИНАКЕРЫ - 4  
 МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭКИПАЖ: ВЕС - 672.6 кг, КОЛИЧЕСТВО - 8  
 КОЭФ-ТЫ TOTD: C = 0.0606 MP = 0.9215  
 МЕРИТЕЛЬ N 209 В.В.АЛЕКСЕЕВ  
 ДАТА ОБМЕРА 02.05.98  
 ДАТА РАСЧЕТА 07.03.98  
 TOTD 1996



ДАТА КРЕНОВАНИЯ 07.10.96  
 SB 1.000  
 ВЫДАНО ПАРУСНИМ КРЕЙСЕРСКИМ ДОВЗОМ  
 127644 МОСКВА, ЛОБЕНСКАЯ, 21

---ПРИМЕЧАНИЯ---ДАТЫ  
 ИЗМ.КОРП. 0.00  
 СЕРИИ 12.72  
 ВООРУЖЕНИЯ 10.75  
 ПОСТРОЖКИ 6.75  
 ПОЛНАЯ ОБМЕР КОРПУСА  
 ---КОРПУС--- SGFI 0.0000

LDA	12.268	BMAX	2.832	FF	1.113	W1	12.500	PD1	0.039
FBD	0.723	B	2.795	FFI	1.065	W2	25.000	PD2	0.080
AGD	0.798	BWL	2.671	FFD	0.953	W3	37.500	PD3	0.115
LBB	10.747	BF	0.527	FND	0.853	W4	50.000	PD4	0.157
BSDA	0.468	BFI	0.963	FBN	0.835	WD	11.090	PL	1.500
GLAI	0.000	BAI	1.742	FAI	0.762	PLH	1.500	SBMAX	6.600
BSDI	0.672	BA	1.545	FA	0.765	SA	0.001	SPD	9.590
FD	1.315	BD	0.000	VNAI	0.607	RSA	100.000	SDM	7.400
CHD	1.499	Y	0.798	VNA	0.483	NAW1	0.000	NAW2	0.000
ND	1.280	BDFI	0.000	VNAI	0.000	MACB1	0.000	MACB2	0.000
CHD	1.067	DM	1.766	VNA	0.000	MACL	0.000	MACB	0.000
WLH1	0.700	DMT	2.605	PDT	1.380	PD	0.608	ESD	0.503
TWL1	2.753	TWL2	2.730	TWL3	2.699	TWL4	2.660	TWL5	2.611
EW	55.000	EWD	2.000	ESL	0.460	ST5	0.110	PRD	0.312
FSD	0.019	ST1	0.015	ST2	0.102	ST3	0.102	PBW	0.085
CD	0.000	WCSA	0.000	CBDA	0.000	CBLDA	0.000	PHD	0.000
DNC	0.000	WCBV	0.000	CBDB	0.000	CBLDB	0.000		

---ПЕР.ТР-К---ПРОТ---  
 I 11.709 SPL 4.110 P 13.360 BL1 0.760 IC 11.709  
 J 4.045 SL 11.610 E 4.775 BL2 0.810 JC 4.110  
 LPB 6.110 SMW 7.390 BAL 0.150 BL3 0.840 PC 13.360  
 LPIS 0.000 HBS 0.000 BD 0.140 BL4 0.860 EC 4.775  
 FSP 0.000 SPS 2.930 BAS 1.350 BL5 0.000 HXSL 11.789  
 FJ 1.159 SFJ 0.255 HB 0.169 BLP 2.790 HXSMW 7.398  
 FBI 0.917 ISP 11.740 HW 0.120 NGU 1.530 HXLPB 6.165  
 IS 11.704 TCI 0.000 GO 0.160 HGM 2.810 HXJL 12.383

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

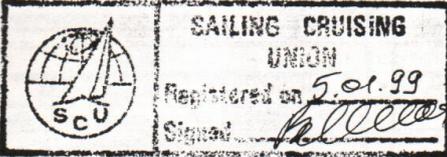
TOTD - 10R 1996  
 \*\*\*\*\*  
 \* ОМЕГА \*  
 \* RUS 671 А 0.9239 \*  
 \* БАЛЛ 7.07 МЕТР. В 0.0042 \*  
 \*\*\*\*\*  
 Я ПОДТВЕРЖДАЮ, ЧТО ПОНИМАЮ  
 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ  
 ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 671.003 СТР.1  
 ИЗМЕРЕНИЯ В МЕТРАХ И КИЛОГРАММАХ  
 ТАП И СТР.№: Л-6 № 13  
 КОНСТРУКТОР: А.П.КИСЕЛЕВ  
 СТРОИТЕЛЬ: ВЕРФЬ ВЦСПС  
 ВООРУЖЕНИЕ: БЕРМУДСКИЙ ШЛАНГ  
 КИЛЬ: ПОСТОЯННЫЙ  
 ВИНТ: ЖЕСТКИЙ  
 УСТАНОВКА: В БОЛЬШОМ ВЫРЕЗЕ  
 НАЦ.ОРГАН: ВСЕРОССИЙСКАЯ ФПС  
 СРОК ДЕЙСТВИЯ 31.12.99

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 671.003 ОМЕГА  
 СТР.2  
 RUS 671  
 ВИСОТЫ БОРТА RM ВИНТ  
 FJS 1.123 DMS 1.840 RM1 100.465 PF 1.030  
 FFS 0.999 PDS 0.500 RM2 102.976 PS 0.270  
 FFIS 0.957 ESDS 0.000 RM3 103.842 DF 0.0099  
 FFDS 0.848 RM4 104.280 EMF 0.0014  
 FBIS 0.814 BBS 0.468 RM 102.891 PRDC 0.270  
 FMS 0.742 BSC 0.000 RMC 102.891 PDC 0.508  
 FMS 0.732 CFFI 0.000 TR 29.195  
 FAIS 0.719 FFM 0.995 SV -0.728  
 FAS 0.719 FAM 0.710 W 142.069

ПОДПИСЬ /ИМИЛИЯ/

ВЛАДЕЛЕЦ  
 СПБ. РЕЧНОЯ ЯХ  
 197042 С.-ПЕТЕРБУРГ  
 ПЕТРОВСКАЯ КОСА, 7



ДАТА КРЕНОВАНИЯ 28.08.98  
 SB 1.000

ВЫДАНО ПАРУСНЫМ КРЕЙСЕРСКИМ СОЮЗОМ  
 127644 МОСКВА, ЛОБЕНСКАЯ, 21

ПРИМЕЧАНИЯ	ДАТА	ИЗМ.КОРП.	0.00
		СЕРИИ	12.72
		ВООРУЖЕНИЯ	10.75
		ПОСТРОЖКИ	5.65

ПОЛНЫЙ ОБЪЕМ КОРПУСА

--КОРПУС--		SBFI 0.0000	
LGA	12.002	BMAX	2.810
FFD	0.812	B	2.810
AGD	0.602	BWL	2.677
YBG	10.588	BF	0.573
GSDA	0.614	BFI	1.032
GLAI	0.000	BAI	1.778
GSDF	0.690	BA	1.530
FD	1.192	BD	0.000
CMD	1.504	Y	0.602
MD	1.252	GSFI	0.000
OMD	1.045	DM	1.847
MLM	0.650	DMT	2.580
TWL1	2.726	TWL2	2.676
EW	41.600	EWD	2.283
APH	0.337	APB	0.267
CD	0.000	CSBA	0.000
DMS	0.000	CSBB	0.000

--ПЕР. ТР-К--		--ПРОТ--	
I	11.570	SPL	3.870
J	3.872	SL	11.530
LPG	5.300	SMW	6.760
LPIS	0.000	HBS	0.000
FSP	0.000	SPS	2.900
FJ	1.117	SFJ	0.520
FBI	0.808	ISP	11.660
IG	11.622	TCI	0.000

--L/FC--		--D--		--DC--	
FDC	0.5056	AGSL	4.883	FDIC	0.3492
AQCC	0.0022	APSL	3.821	FDI	0.349
AGC	0.0022	BAPSL	0.000	ICMDI	0.904
AQCP	0.1888	APSLC	3.821	CMDI	0.769
AQCB	-0.1843	ACB1	-0.184	IMDI	0.644
YCDR	0.0000	ACB2	0.000	MDI	0.516
FB	0.941	HGLA	1.054	ICMDI	0.416
FM	0.881	HGLI	1.229	OMDI	0.309
CSAI	0.000	BDR	0.9877	MDIA	0.5113
-- ПЕР. ТР-К/ПРОТ-ШТРАФЫ --					
LP	5.808	SL	0.000	RSAY	0.000
RSAF	32.464	SPS	0.000	RSAB	0.000
SAH	26.171	HBS	0.000	RSAG	0.000
MSAH	11.489	HB	0.000	RSAC	0.000
RSAM	23.895	BD	0.000	RSAB	0.000
RGF	0.9130	BAS	0.000	BDY	0.000
SATC	-0.171	I/P	0.000	BADY	0.000
RSAT	56.189	BLP	0.000	I/PY	0.000
RSAL	31.064	BTNS	0.000	BLPY	0.000
SPIN	45.328	MG	0.000	BTNY	0.000
S	7.4959				
SHR	12.3629	SCF	1.0000	SCFA	0.9247
-- ПРЕДЕЛЫ --					
BL1	1.025	BL3	1.659	BLP	2.660
BL2	1.220	BL4	1.659	HB	0.195
-- РАСЧ.ЗНАЧЕНИЯ --					
L	10.0802	SC	7.4959	DLF	1.0000
B	2.8100	DC	-0.0795	MAF	1.0000
D	1.4999	FC	0.0149	LRP	1.0000
CBF	0.9626	CBF	1.0000	MR	8.7393
EPF	0.9887	SMF	1.0000	R	8.3177
TPF	1.0000	CSF	0.9814	RA	7.0700

R = 8.32 м. ЛИНИИ ПАРУСОВ: СТАКСЕЛИ - 3, СПИНАКЕРЫ - 4  
 МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭКИПАЖ: ВЕС - 689.4 кг, КОЛИЧЕСТВО - 8  
 КОЭФ-ТЫ TOTD: C = 0.0840 MP = 0.9071  
 МЕРИТЕЛЬ № 116 В.В.ЧАЙКИН  
 ДАТА ОБМЕРА 28.08.98  
 ДАТА РАСЧЕТА 05.01.99  
 TOTD 1996

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИДЕТЪЛЬНОСТИ  
КРЕЙСЕРСКО-ГОНОЧНОЙ ЯХТЫ ПО ПРАВИЛАМ IOR 75

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 2845 1002

ИЗМЕРЕНИЯ : МЕТРЫ И КИЛОГРАММЫ

МАРС :  
2845 :  
БАЛЛ 7,50 МЕТР :  
Я ПОДТВЕРЖДАЮ, ЧТО ПОНИМАЮ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ  
ПРАВИЛАМИ IOR

КЛАСС : 2  
ТИП И СТ. № : Л-6 N 25  
КОНСТРУКТОР : А. П. КИСЕЛЕВ  
СТРОИТЕЛЬ : ЗВЕРЬ В ЦСПС, ЛЕНИНГРА  
ВООРУЖЕНИЕ : БЕРМУДСКИЙ КЛАВ  
КИЛЬ : ПОСТОЯННЫЙ  
ВИНТ :  
УСТАНОВКА :

ПОДПИСЬ /ФАМИЛИЯ/

ВЛАДЕЦ СПОРТСУДОРЕГИСТРОМ СССР

Спортудорегистр СССР  
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО

ПЕЧАТЬ

.....19...Г.  
СРОК ДЕЙСТВИЯ 31.12.87

1- *МОНЕ* 1987 г.

ВЛАДЕЛЕЦ  
ЯХТ-КЛУБ N 55 ВМБ  
Г. ЛЕНИНГРАД  
ШКИПЕРСКИЙ ПРОТОК, Д.

ВЕС/ПОЛОЖЕНИЕ ОТ НОСА

ЯКОРЬ БАЛЛАСТ ПЛОТЫ

СМ.ТИП И СТ. №

ДАТА К. С. ИЗМЕНЕНИЯ 05.06.79

SG 1.000

ПРИМЕЧАНИЯ

ИЗМ.КОРП. 0,0  
СЕРИИ 12,72  
ВООРУЖЕНИЯ 0,0  
ПОСТРЕЛКИ 6,65

ПОЛНЫЙ ОБМЕР КОРПУСА

КОРПУС		КОРПУС		КОРПУС		КОРПУС		КОРПУС	
LDA	12,590	BMAX	2,800	FF	1,012	AN	31,700	APD	0,032
FGO	0,857	B	2,796	FFI	0,961	Bn	62,900	RPD	0,066
AGO	1,332	BWL	2,632	FFD	0,870	CM	31,700	CPD	0,034
LHC	10,401	BF	0,543	FMD	0,770	DM	62,900	DPD	0,068
BSDA	0,486	BFI	0,994	FBN	0,761	AND	4,820	PL	1,500
GLAI	0,000	BAI	1,782	FAI	0,750	BND	4,820	SBMAX	6,780
GSDF	0,665	BA	1,586	FA	0,756	CND	4,824	SPD	0,000
GBL	1,175	GD	0,000	VNAI	0,630	DND	4,824	SDM	7,780
CND	1,468	Y	1,129	VNA	0,510	MAN1	0,000	MAN2	0,000
MO	1,241	GDFI	0,000	BNAI	0,000	MASG	0,000	MASG	0,000
OMO	1,025	DM	1,800	BNA	0,000	MACL	0,000	MACO	0,000
BLM1	0,660	DMT	2,550	PDT	0,000	PD	0,000	ESD	0,000
TWL1	2,710	TWL2	2,681	TWL3	2,633	TWL4	2,573	TWL5	2,496
EW	0,000	END	0,000	APT	0,000	CHDA	0,000	PRD	0,000
APH	0,000	APB	0,000	WCBV	0,000	CBLDA	0,000	PBY	0,000
CD	0,000	KCBA	0,000					CBVB	0,000
								CBLDB	0,000

ПЕР. ТР-К		ГРОТ		ГРОТ		ГРОТ		ГРОТ	
I	11,603	SPL	3,700	P	13,350	BL1	0,805	PC	13,351
J	3,677	SL	11,556	F	5,000	BL2	0,805	IC	11,603
CPG	5,550	SMW	6,619	BAL	0,152	BL3	0,905	JC	3,700
LPIS	5,550	HBS	0,183	BD	0,160	BL4	0,905	EC	5,000
FSP	0,000	SPS	1,744	BAS	1,135	RL5	0,000	MXSL	11,570
FJ	1,078	SFJ	0,808	HB	0,200	RLP	2,670	MXSMW	6,660
FBI	0,829	ISP	11,715	MW	0,151	MGU	1,874	MXLPG	5,550
IG	11,535	TCI	0,000	GO	0,185	MGM	3,164	MXJL	12,107

БИЗАНЬ		БИЗАНЬ		БИЗАНЬ		БИЗАНЬ		БИЗАНЬ	
IY	0,000	PY	0,000	BY1	0,000	HBY	0,000	BYC	0,000
EB	0,000	FY	0,000	BY2	0,000	BLPY	0,000	EYC	0,000
YSD	0,000	BADY	0,000	BY3	0,000			S1	0,000
YSF	0,000	BALY	0,000	BY4	0,000			S2	0,000
YBMG	0,000	BDY	0,000	BY5	0,000			S3	0,000

Инв.№ дубл.	Инв.№ инв. №	Подп. и дата
Инв.№ подл.		

МЕРИТЕЛЬНЫЙ № 2445 .002

МАРС  
2045

--- ВНЕКОТН БОРТА ---		--- РМ ---		--- ВИНТ И СБ ---			
FFC	1,014	DMS	1,000	APM	125,539	PF	0,000
FFS	1,012	PDG	0,000	BRM	120,582	PS	0,000
FFIST	0,961	ESDS	0,000	CRM	118,064	OF	0,000
FFUS	0,870		0,000	DRM	117,133	EMF	0,000
FBIg	0,829	HBS	0,467	RM	120,279	PRDC	0,000
FMMS	0,761	BSC	0,000	KMC	120,279	PDC	0,000
FMDS	0,770			TR	22,955	RD	1,800
FAIS	0,750	SINK	0,000	SV	-1,530		
FAS	0,756	TRIM	0,000	W	145,730		

--- L/FC ---		D/DC		ПРЕДЕЛЫ			
FCC	0,509	AGSL	3,433	FDI	0,305	BL1	0,805
AOC	0,144	APSL	4,119	FDIC	0,305	BL2	0,805
AOCC	0,144	BAPSL	0,000	CMDI	0,698	BL3	0,905
AOCP	0,203	APSLC	4,119	MDI	0,471	BL4	0,905
AOLG	0,085	ACG1	0,085	OMDI	0,255	BLP	2,670
YCOR	0,000	ACG2	0,000	MDIA	0,436	MGU	1,874
FB	0,927	HGLA	1,048	DB	2,033	MGM	3,164
FM	0,910	HGLI	1,223	DD	-0,233	MB	0,200
CCAI	0,000	BDR	1,001	DSPL	6092,		

--- ПЕР. ТР-К/ГРОТ ---		--- СТРАФ ---		--- БИЗАНЬ И ШТР. ---		--- ШХУМА И ШТР. ---	
LP	5,550	SL	0,000	RSAY	0,000	RSAB	0,000
RSAF	31,281	SPS	0,000	RSAC	0,000	RSAG	0,000
SAM	26,714	HBS	0,000	YSAC	0,000		
MSAM	12,656	HB	0,000	RSAC	0,000	HBF	0,000
MSAM	26,714	BD	0,000			BDF	0,000
RCF	1,000	BAS	0,000	HBY	0,000	BADS	0,000
SATC	-0,692	I/P	0,000	BDY	0,000	I/PS	0,000
RSAY	57,303	BLP	0,000	BADY	0,000	BLPS	0,000
MSAL	34,729	BTNS	0,000	I/PY	0,000	BTNS	0,000
SPIN	43,237	MG	0,000	BLPY	0,000		
SMX	13,2629			BTNY	0,000		
S	7,5699	SCF	1,0000	SCFA	0,9463	SA	7,0834

--- РАСЧ. ЗНАЧЕНИЯ ---				--- IIIA ---			
L	9,7483	SC	7,5699	MAF	1,0000	SCA	6,7031
B	2,7960	DC	-0,0783	DLF	1,0000	DLFA	0,9800
O	1,3436	FC	0,0030	LRP	1,0000	CBFA	1,0000
CGF	0,9999	CBF	1,0000	HR	8,8255	CGFA	0,9814
EPF	1,0000	SMF	1,0000	R	8,8243	MRA	7,4974
TRF	1,0000	NRP	1,000			RA	7,5007

K= 0,82М ЛИМИТ ПАРУСОВ-СТАКСЕЛЕЙ; 7 СПИНАКЕРОВ; 4  
 МАКС. ЭКИПАЖ 9 ЧЕЛ.  
 A= 0,9332 B= 0,0018 C= 0,0702

МЕРИТЕЛЬНЫЙ № 2445 МАШИНОСКОП  
 ПИТАМО МЕРИТЕЛЯ ДАТА ОБМЕРА 31.05.81

ОТМЕТКИ О ПРОДЛЕНИИ СРОКА ДЕРЖАНИЯ  
 ДАТА МЕРИТЕЛЬ/И, ФАМИЛИЯ/ ПОДПИСЬ ПРОДЛЕНО ДО

ДАТА РАСЧЕТА 07.05.87

Подп. и дата  
 Взаим. инв. №  
 Инв. № дубл.  
 Подп. и дата  
 Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
 СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

# АССОЦИАЦИЯ КРЕЙСЕРСКО-ГОНОЧНЫХ ЯХТ КЛАССА "Л-6"

Санкт-Петербург, Шкиперский Проток, 12, 81-й Спортклуб ВМФ, Тел. (812) 355-7298



## МЕРИТЕЛЬНОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО № RUS-668

Дата обмера на берегу: 01.06.2006  
 Дата обмера на плаву: \_\_\_\_\_  
 Дата выдачи: 01.06.2006  
 Яхта: Ника  
 Регистрационный №: RUS-668  
 Тип яхты: Л-6  
 Конструктор: Киселев А.П.  
 Строитель: ЛЭС ВЦСПС  
 Год постройки: 1975  
 Заводской №: 90

Измерения в метрах и килограммах

Корпус:			Парусное вооружение: Бермудский шлюп [3/4]		
Серийный	<input checked="" type="checkbox"/>		Параметр	Пределы	Величина
Несерийный	<input type="checkbox"/>		P	<= 13.50	13.36
Заполняется для несерийного корпуса:			E	<= 5.00	4.85
			MGM	<= 0.67*E= 3.25	3.12
			MGU	<= 0.40*E= 1.94	1.76
Параметр	Пределы	Величина	HB	<= 0.04*E= 0.19	0.19
LOA	12,00...12,70		BL1	<= 0.21*E= 1.02	1.01
LFW	1,35...2,05		BL2	<= 0.25*E= 1.21	1.21
LAW	1,45...2,15		BL3	<= 0.34*E= 1.65	1.64
BMAX	2,40...3,10		BL4	<= 0.34*E= 1.65	1.64
BWL	2,35...2,85		BLP	>= 0.20*P= 2.67	2.80
FMID	0,60...1,00		BAS	<= 1.50	1.35
DMID	2,25...2,95		LPG	<= 6.40	6.30
LWL = LOA - LFW - LAW	8,40...9,10	0.00	JL	<= 12.50	11.70
TMID = DMID - FMID	1,65...1,95	0.00	SL	<= 12.00	12.00
DISP = 155 * LWL * BWL * TMID	6500...7500	0.00	SMW	<= 7.70	7.70
			SPL	<= 4.30	4.11
			SA = 0.5 * (P * E + LPG * JL)	<= 70.00	69.25

*Меритель крейсерских яхт (Л-6)  
 Илья Каракеев И.М. Каракеев  
 01.06.06.*

штамп и подпись мерителя

Я ПОНИМАЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ ПРАВИЛАМИ КЛАССА

Капитан (владелец): Манухин Вадим Анатольевич

Адрес: СПб, Комендантский пр, 37-1, кв. 197

Телефон: 306-56-50

Подпись:



Подп. и дата  
 Взаим.инв. №  
 Инв.№ дубл.  
 Подп. и дата  
 Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
 СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

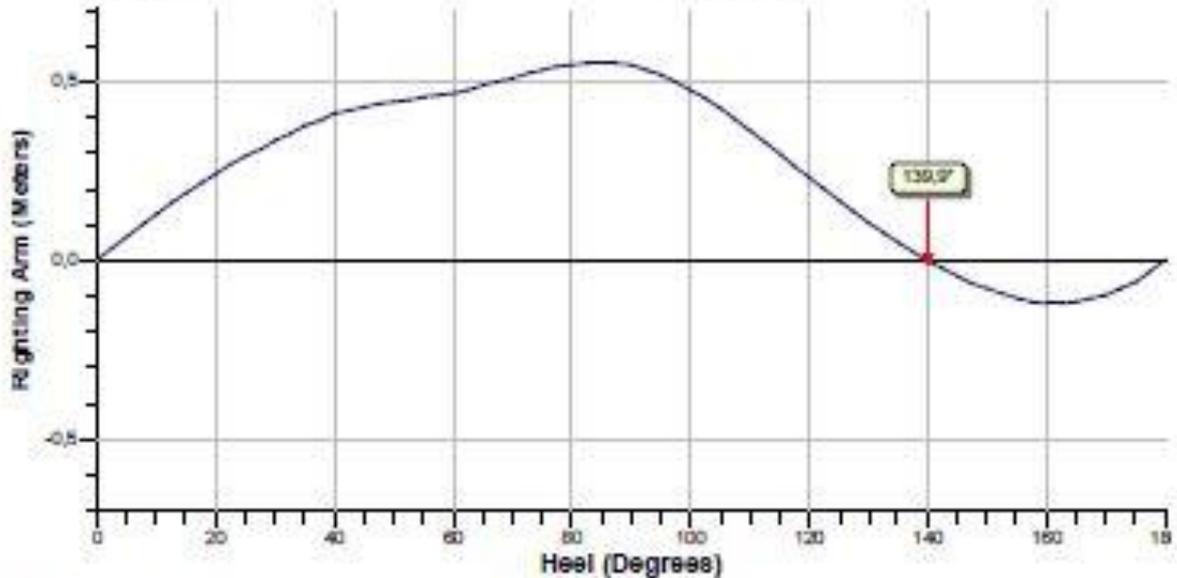
Лист

65



# STABILITY AND HYDROSTATICS DATASHEET

© Offshore Racing Congress 2019  
www.orc.org



STABILITY CURVE																							
Righting Moment at 1°	97,2kg	Stability Curve Positive Area	47,944	Stability Curve Ratio	15,2469	Stability Index	146,0																
Limit of positive stability	130,9°	Stability Curve Negative Area	3,145			BLR Index	0,0000																
Righting Arm (meters)																							
		±0°	±2°	±10°	±20°	±25°	±30°	±40°	±50°	±60°	±70°	±80°	±90°	±100°	±110°	±120°	±130°	±140°	±150°	±160°	±170°	±180°	
Default Crew Weight	528kg	0,000	0,027	0,130	0,242	0,290	0,335	0,408	0,468	0,544	0,232	-0,080	-0,116	0,000									
Declared Crew Weight	528kg	0,000	0,027	0,130	0,242	0,290	0,335	0,408	0,468	0,544	0,232	-0,080	-0,116	0,000									

BOAT	
Name	Lilla
Call Number	
Class	L-6
Designer	Kzeilov A.P.
Builder	Leningrad Sportyar
Age Date	12.1975
Measured	03.07.1998
Measurer	RUS 116 V.Chaldin
Issued On	17.10.2019 - VPP 2019 1.01

HULL CHARACTERISTICS (MEASUREMENT TRIM)	
Length Overall	12,630m
Max. Beam	2,772m
Max. Beam Station	6,651m
Draft	1,796m
Max. Draft Station	7,242m
Moment Unit Trim	5,4kg*m/mm
Displacement Unit Immersion	15,46kg/mm
Block Coefficient	0,2922
Prismatic Coefficient	0,5219

Rating Office  
Novokolomichskii av 11-70  
197375 St-Petersburg  
Russia

**ТЕСТ!  
НЕ ДЛЯ ГОНОК!**

FLOTATION (MEASUREMENT TRIM)	
Fore and Freeboard at 0,620m	1,100m
Freeboard at mast at 4,210m	0,897m
All Freeboard at 11,345m	0,702m
Overhang Forward	1,800m
Overhang Aft	1,773m
Length Waterline	8,472m

HYDROSTATIC DATA		
	Trim	Sealing
Displacement	6 452kg	7 149kg
Wetted Area	25,94m²	27,14m²
Water Plane Area	14,76m²	15,62m²
Water Plane Beam	2,669m	2,611m
Longitud. Centre of Flotation	6,464m	6,550m
Longitud. Centre of Buoyancy	6,434m	6,497m
Vertical Centre of Gravity	-0,337m	-0,229m
Max. Section Area	1,48m²	1,90m²
Max. Section Area Station	6,651m	6,651m

MOVABLE BALLAST	
Arm	Centering Keel Angle
Weight	List Angle

Sail Area Upwind	59,06m²
Sail Plan Centre of Effort Height	8,212m

Owner  
St-Petersburg

I hereby declare understanding  
responsibilities under ORC Rules  
and Regulations

Signature

Подп. и дата  
Взаим.инв. №  
Инв.№ дубл.  
Подп. и дата  
Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

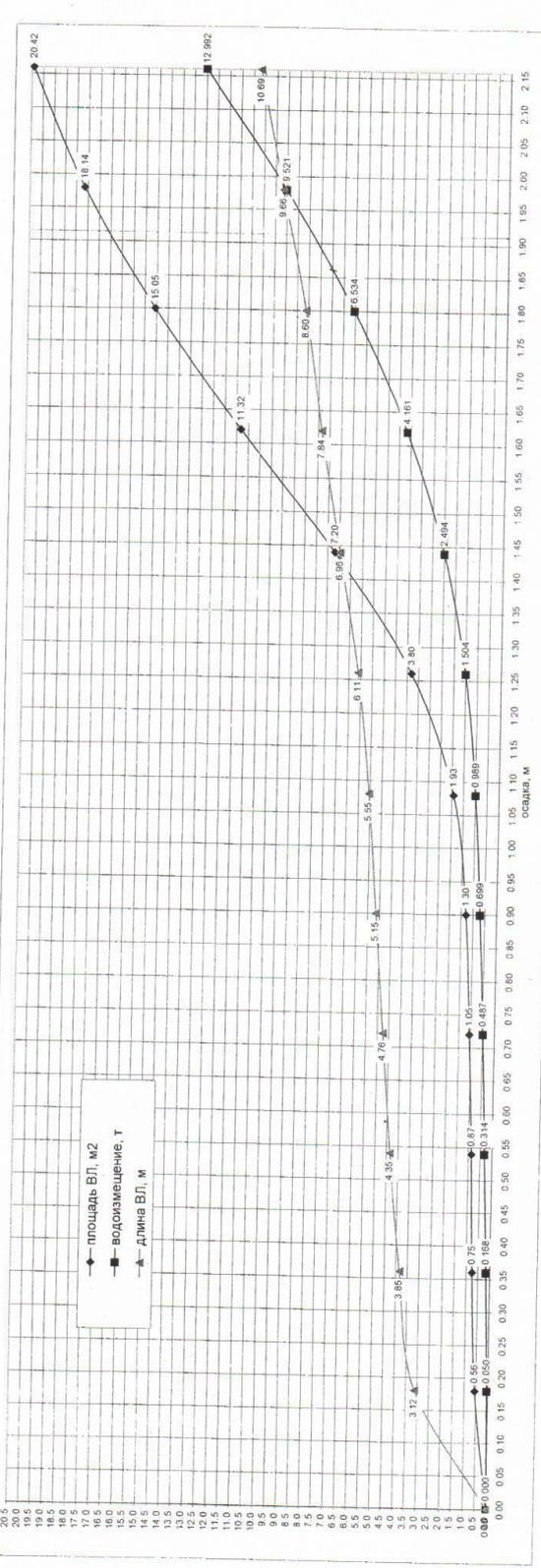
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ  
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата

**РАСЧЕТ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСАДКИ И ДЛИНЫ ВАТЕРЛИНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ ЯХТЫ КЛАССА Л-6**

Расчет основан на теоретическом чертеже Л6-00-ТТ/Клеваная яхта Л-6/от 25.01.1963, МТ:10  
 Метод: интегрирование площадей ватерлинии по осадке методом трапеций  
 Размеры сняты с теоретического чертежа в мм

№ ВЛ	Теоретические шпангоуты и полушироты ватерлинии, мм										вертикация	18 мм	УА вес воды 1,0 т/м <sup>3</sup>										S, м <sup>2</sup>	D, T	L, M	T, M						
	Δк, мм	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8			7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3					2,5	2	1,5	1	0,5	0
XII	13	-44	59	76	87,5	97,5	107	115	122	128	132,5	135,5	137	137	135,5	132,5	127	119	110	98	86	73,5	59,5	45	30	15	0	0	20,417	12,992	10,69	2,16
XI	24	0	69	88	99	109	117,5	125	130,5	134	136	136	134	129	122,5	114	103	90,5	77	63,5	49	34	18	0	0	0	0	0	18,143	9,521	9,66	1,98
X	0	0	52	75,5	92	104,5	115	122	127	130	130	127	121,5	113	103	91,5	78	64	50	34,5	18,5	9	0	0	0	0	0	0	15,051	6,534	8,60	1,80
IX	39	0	24,5	55	77,5	93	103,5	110,5	115	112,5	105	97	86	74	60	45	30	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,320	4,161	7,84	1,62
VIII	30	0	5	12	34,5	56	71	81,5	88	89,5	87	80,5	71,5	60,5	48	33	17,5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,200	2,494	6,96	1,44
VII	19	0	3	7	12	21	35	46	54	56,5	55	50	43	33,5	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,798	1,504	6,11	1,26	
VI	8	0	2	5	8,5	12	16,5	22	27,5	30	30	27	22	16	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,926	0,989	5,55	1,08	
V	1	0	1	3,5	6,5	10	13	16	18	19,5	19,5	18	15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,300	0,689	5,15	0,90	
IV	39	0	5	8,5	12	16,5	22	27,5	30	30	27	22	16	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,054	0,487	4,76	0,72	
III	20	0	1	3,5	6,5	10	13	16	18	19,5	19,5	18	15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,870	0,314	4,35	0,54	
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,748	0,168	3,85	0,36	
I	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,560	0,050	3,12	0,18	
ОП	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,00	0,00	



По мерительному свидетельству яхты класса Л-6 "НИКА" РУС-668-01 от 08.09.2000 в обмером состоянии DISP= 7,48 T  
 Вес экипажа из 7 чел. 7,80=560 кг  
 Прогруза грот -21 кг, зап.прот -19 кг, генуя №1 -16 кг, генуя №2 -15 кг, стаксель шторм.-9кг, грот шторм.-10 кг  
 Залесль (свежая вода, продукты, газ, бензин, ЗМП)  
 Полное водоизмещение= 8,35 T  
 Осадка= 1,91 м  
 LWL= 9,25 м  
 LWL= 30,3 фут

РАСЧЕТ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ ЯХТЫ КЛАССА Л-6 "НИКА" РУС-668-01 от 08.09.2000 в обмером состоянии DISP= 7,48 T  
 Вес экипажа из 7 чел. 7,80=560 кг  
 Прогруза грот -21 кг, зап.прот -19 кг, генуя №1 -16 кг, генуя №2 -15 кг, стаксель шторм.-9кг, грот шторм.-10 кг  
 Залесль (свежая вода, продукты, газ, бензин, ЗМП)  
 Полное водоизмещение= 8,35 T  
 Осадка= 1,91 м  
 LWL= 9,25 м  
 LWL= 30,3 фут

В.А. Манухин 24.12.2007

В.В. Чайкин