



СПБРФСО «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

РАСЧЕТ

ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

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

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

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 PMPC	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	9. ДИНАМИЧЕСКАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ	36
					10. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОЦЕНОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ	41
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	11. ПОСАДКА И ОСТОЙЧИВОСТЬ ЯХТЫ ПРИ УГЛЕ КРЕНА 90°	43
					12. ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ ПАРУСНЫХ ЯХТ	45
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	12.1. Требования ISAF	45
					12.2. Требования РМРС	48
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	12.3. Требования ГИМС	50
					13. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ	52
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	14. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ	54
					15. ВЫВОДЫ	55
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	16. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	56
					ПРИЛОЖЕНИЕ 1	57
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	ПРИЛОЖЕНИЕ 2	66
					ПРИЛОЖЕНИЕ 3	67
					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	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 Правилам 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.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
После доработки в 1962 г. яхты классифицированы своего проекта яхты. В 1960 году в соответствии с вышедшими в 1960 г. новыми Правилам классификации и постройки килевых яхт СССР на ЛЭС ВЦСПС под руководством В.В.Чайкина (после скорпости-жной 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.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист 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	Инв.№ подл.	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				Лист
									4

2. ОБОЗНАЧЕНИЯ

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

G – весовое водоизмещение, кг;

V – объемное водоизмещение, м³;

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 метacentрический радиус поперечный;

НМВП – начальная метacentрическая 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, м²;

I_{xx} – величина момента инерции площади КВЛ относительно ДП, м⁴;

ZV – величина статического момента объема V относительно ОП, м⁴;

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

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

l_ϕ – плечо остойчивости формы, м;

l_σ – плечо остойчивости веса, м;

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

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 кра-ном 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	- 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 кра- ном на берег в октябре 2014 г. (по данным Ассоциации яхт класса Л-6)	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						7

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

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

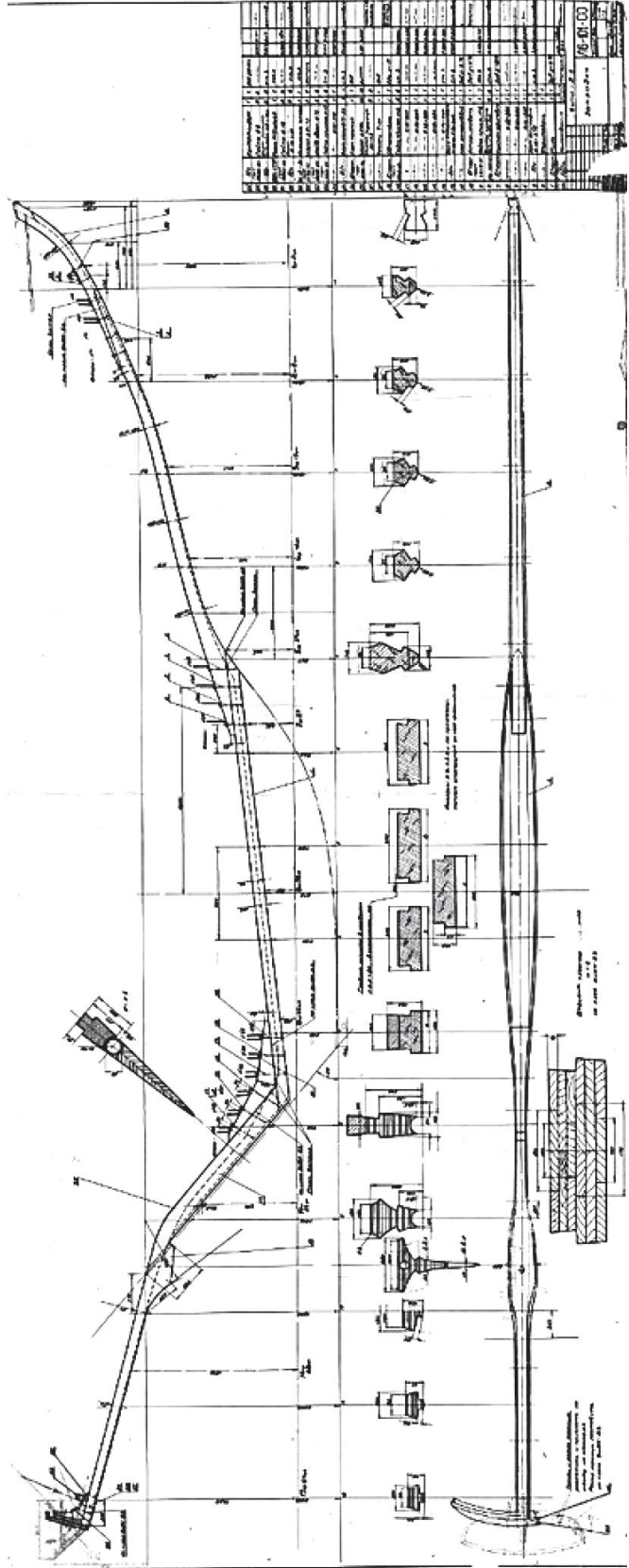
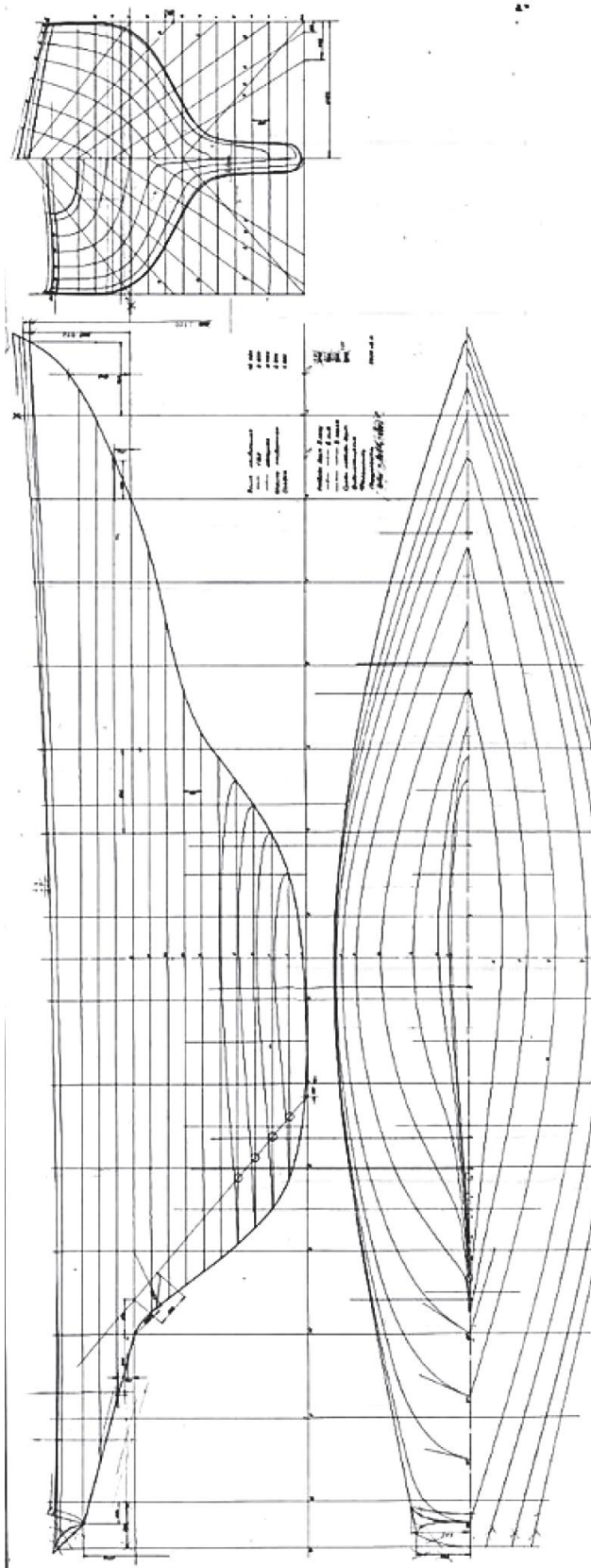


Рис.3 Теоретический чертеж и чертеж закладки яхты класса Л-6

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

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 ³	6,55
Вес фальшкиля (чугун), т	3,30
Обмерная площадь парусности (грот, стаксель), м ²	59
Смоченная поверхность, м ²	26,8
Коэффициенты полноты: $\alpha = 0,664$; $\beta = 0,331$; $\delta = 0,162$	

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	

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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-

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	навливающий 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	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						12

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).

6. ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

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.

ИНВ.№					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист	
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	13

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

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

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	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 $Z_g = 1,2 \dots 1,6 = 1,4 \pm 0,2 \text{ м.}$	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	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 НМБП.

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 ^{*)}	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 , кгм/град	97,23	92,98	97,95
h_0 , м	0,869	0,712	0,789

^{*)} Яхты обр.1971 г. имеют высоту борта на 50 мм больше, чем яхты обр.1964 г.

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
									16

По значениям $DISPL$ и RM можно вычислить НМБП. 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.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				17

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

$$V(T) = \int_T S(T) dT = \sum_i S_i \Delta T_i$$

$$Z_c(T) = \frac{\int_T z \cdot S(T) dT}{V(T)} = \frac{\sum_i z_i \cdot S_i \Delta T_i}{\sum_i S_i \Delta T_i}, \quad (7)$$

$$Z_f(T) = \frac{\int_T z \cdot L(T) dT}{\int_T L(T) dT} = \frac{\sum_i z_i \cdot L_i \Delta T_i}{\sum_i L_i \Delta T_i}$$

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

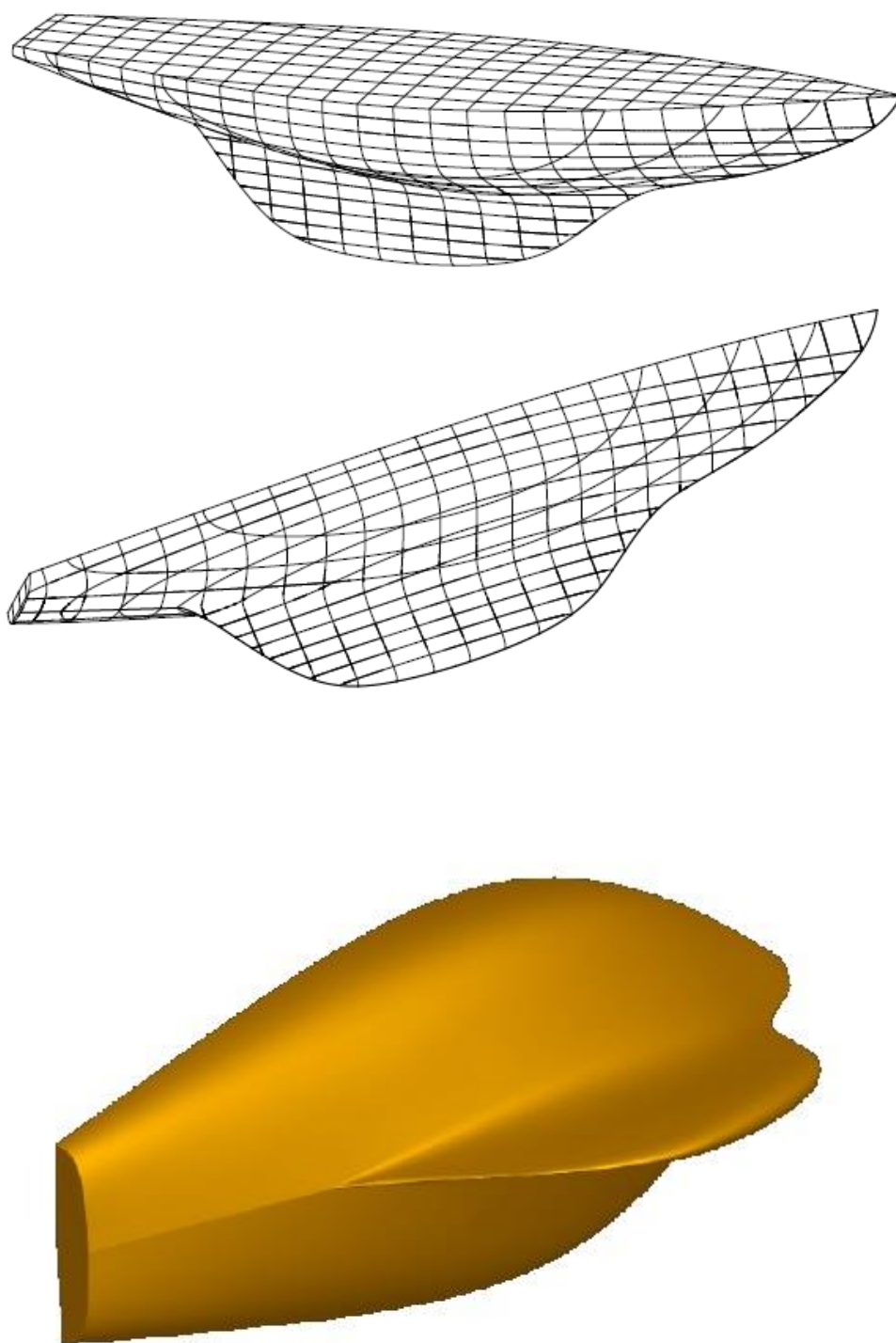


Рис.5. Цифровая 3D-модель корпуса яхты класса Л-6

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

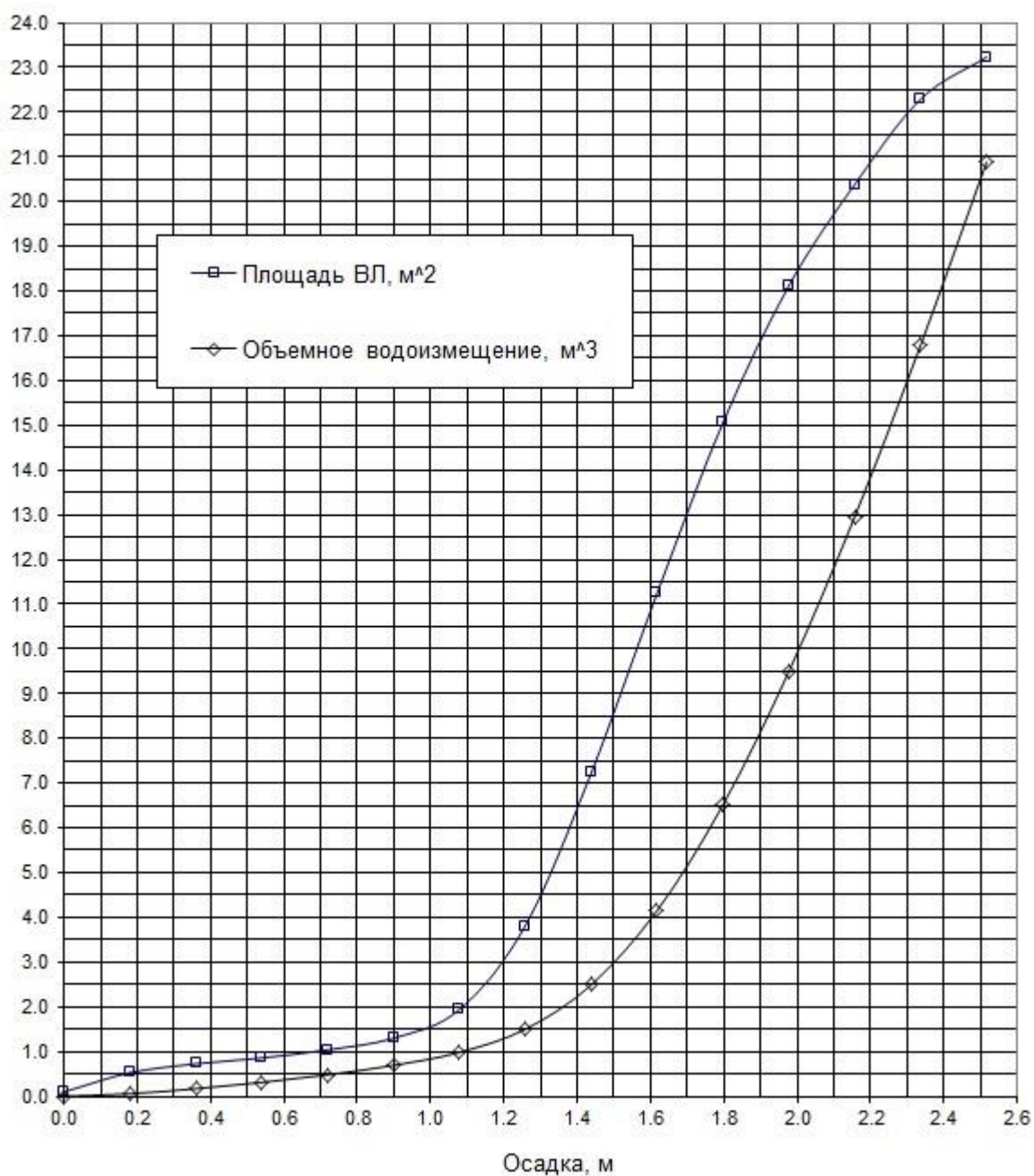


Рис.6. Зависимости $V(T)$ и $S(T)$, полученные непосредственно по теоретическому чертежу яхты класса Л-6

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

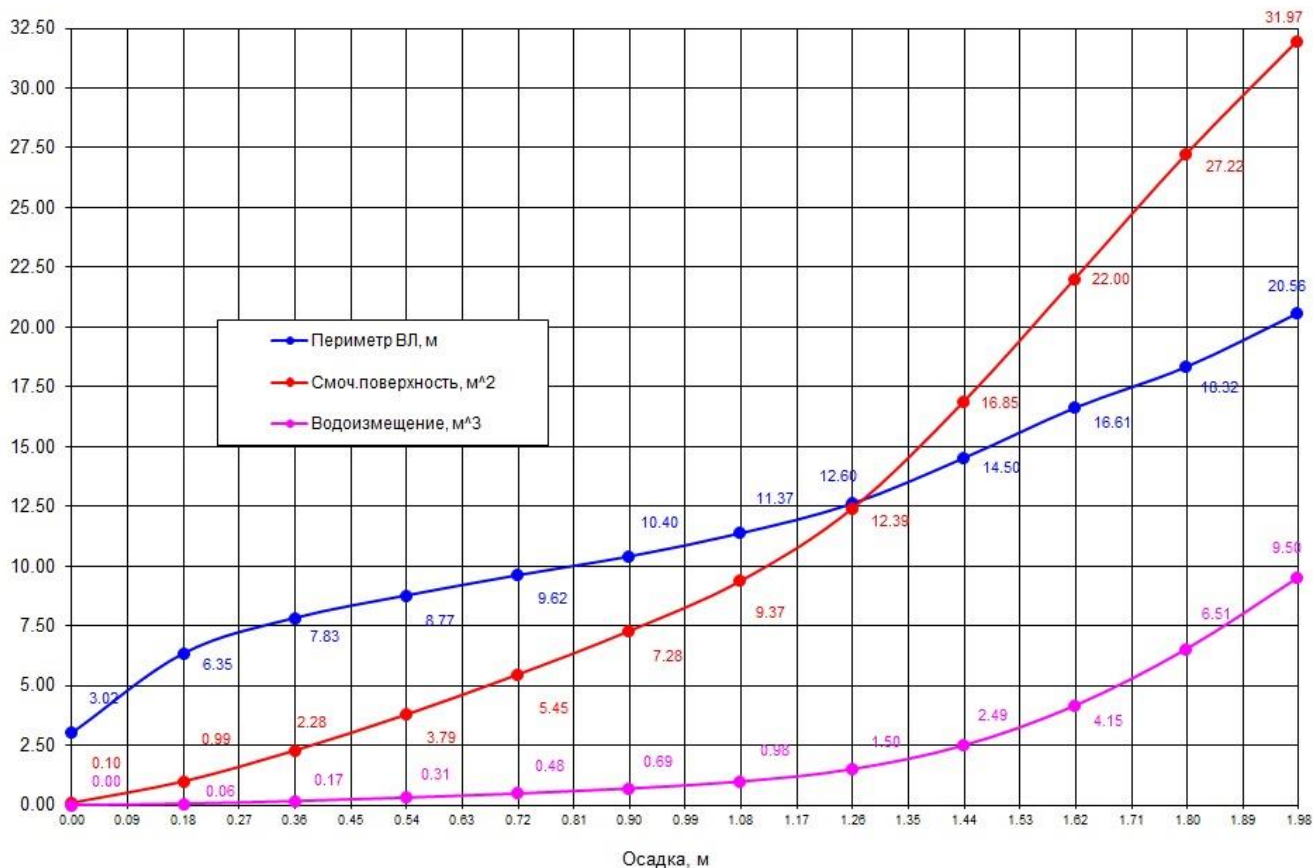


Рис.7. Зависимости $V(T)$, периметра ВЛ и смоченной поверхности корпуса от осадки, полученные непосредственно по теоретическому чертежу яхты класса Л-6

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.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и 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 $S_{сн}$, 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.	
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 ^{*)}	1,453 ^{*)}	0,870 ^{*)}	6,424 ^{*)}
3D-модель	6551	1,406	0,878	5,760	7347 ^{**)}	1,450 ^{**)}	0,862 ^{**)}	6,327 ^{**)}

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

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

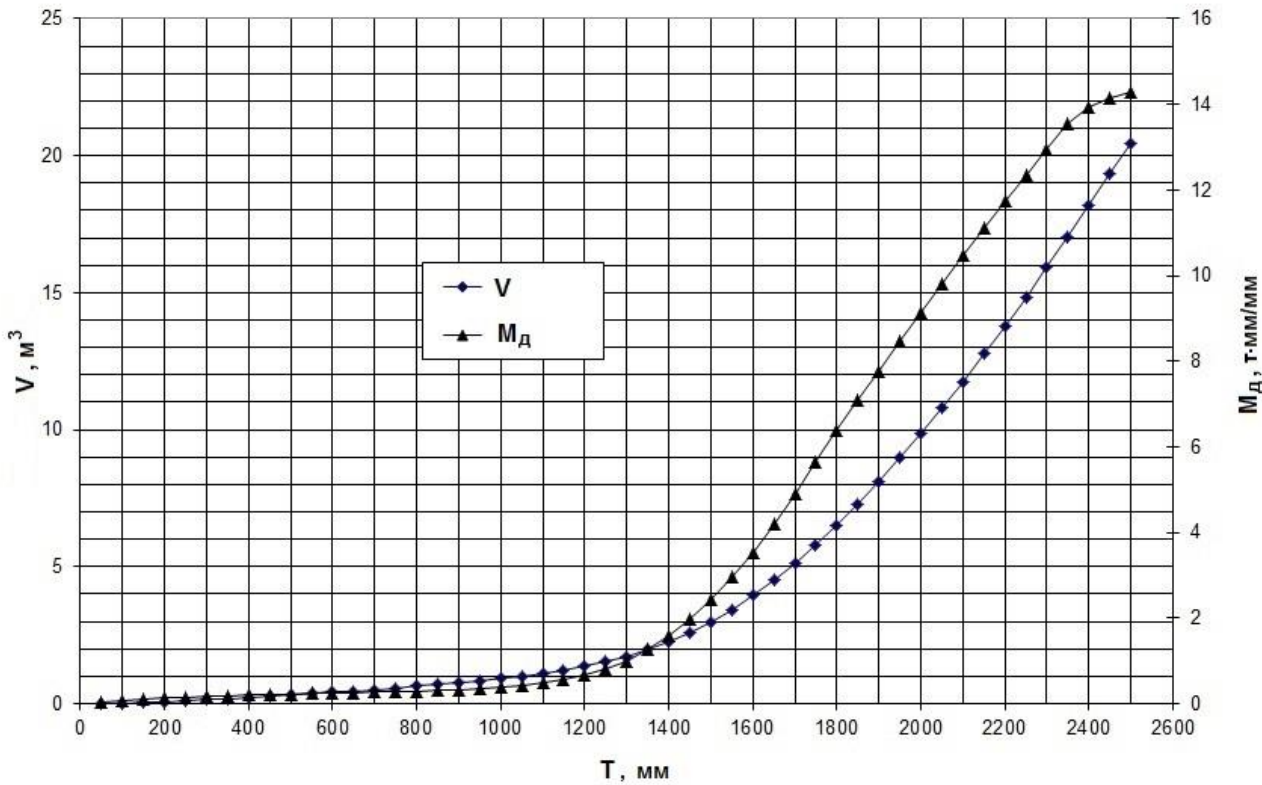


Рис.8 Зависимости $V(T)$ и $M_d(T)$, полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

Инв.№ подл.	Подп. и дата				РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист 22
	Взаим.инв. №					
	Инв.№ дубл.					
	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

T, мм	V, м/с	M _Д , кг
0	0.0	0.0
200	0.1	0.1
400	0.2	0.2
600	0.3	0.3
800	0.4	0.4
1000	0.5	0.5
1200	0.8	0.8
1400	1.5	1.5
1600	3.5	3.0
1800	6.5	5.0
2000	9.5	7.5
2100	11.0	8.5

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

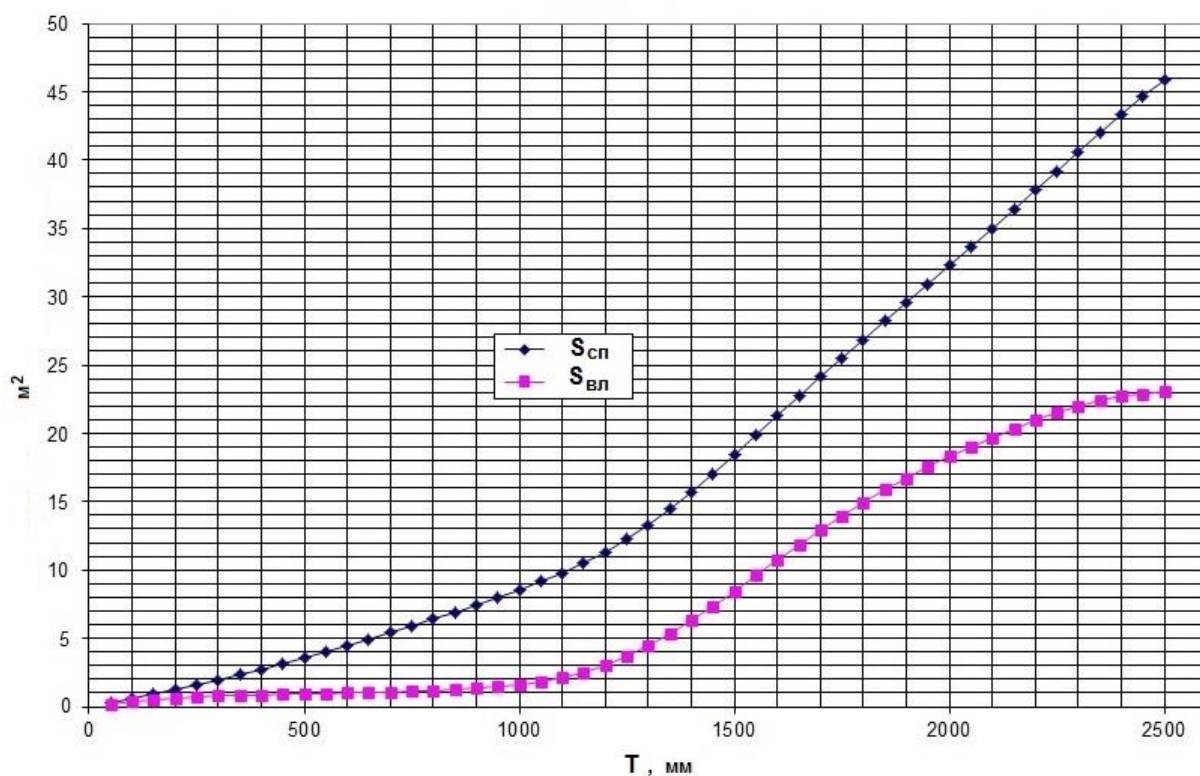


Рис.9 Зависимости $S_{cn}(T)$ и $S_{vl}(T)$, полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

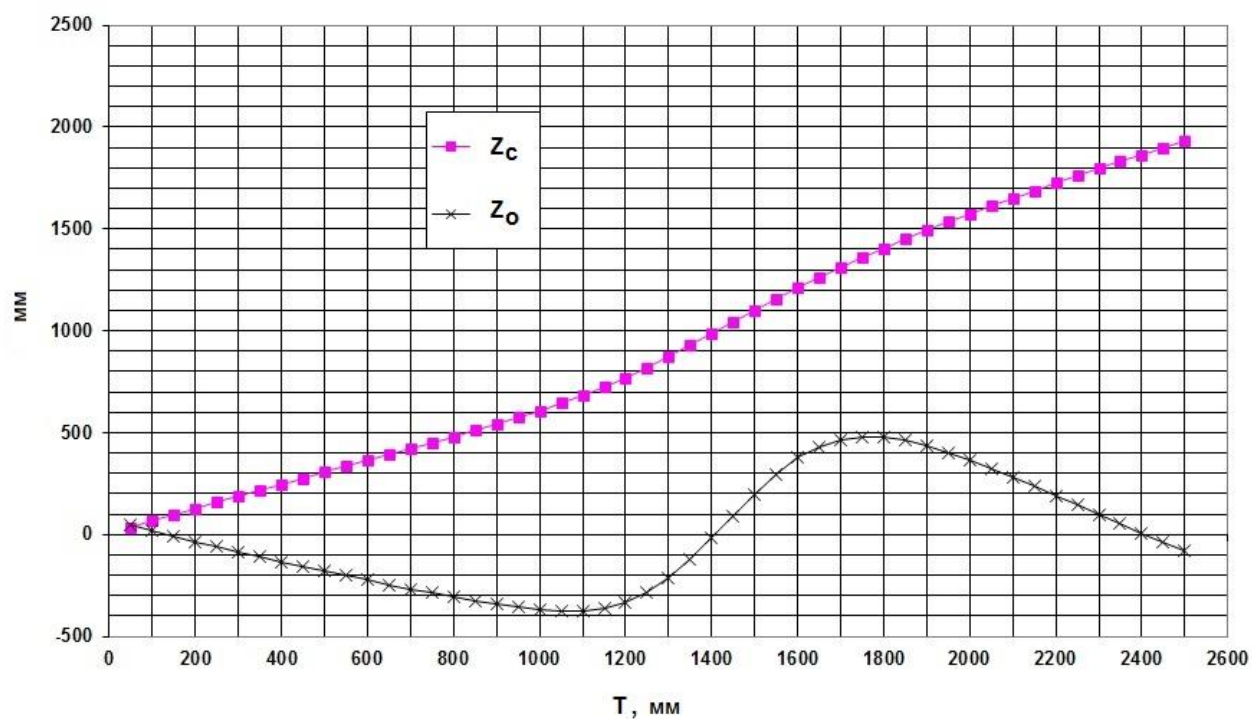


Рис.10 Зависимости $Z_c(T)$ и $Z_o(T)$, полученные по цифровой 3D-модели корпуса яхты класса Л-6

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

Для вычисления НМРП через аппликату метacentра 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 $h_0 = 0,712...1,036$ м получим:

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

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

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

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

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.

ИНВ.№					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист	
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	24

T, мм	G, кг	V, м ³	Θ _y , град	Θ _x , град	S _{мш} , м ²
...	...	...	...	...	...
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 _c , мм	Y _c , мм	Z _c , мм	R _{ox} , мм	R _{oy} , мм	S _{сп} , м ²
...	...	...	...	...	...
-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 остойчивости для аппликаты ЦТ принято среднее из наиболее вероятных значений

$$Z_g = 1,45 \text{ м.}$$

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
					25

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.

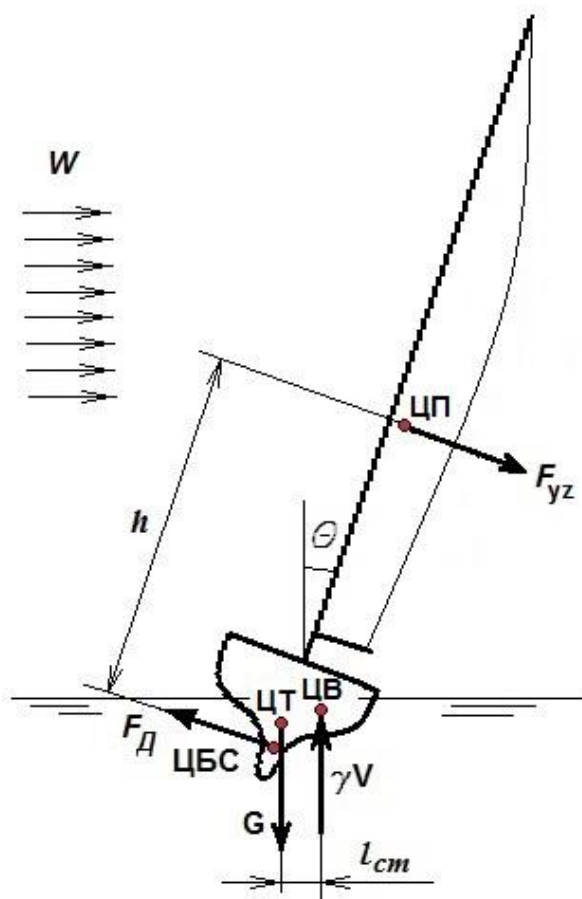


Рис.13 Схема сил в поперечной плоскости при движении яхты с креном

Условия равновесия яхты приводят к следующим соотношениям сил:

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

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: γ – удельный вес воды; F_D – гидродинамическая сила дрейфа; F_{YZ} – проекция аэродинамической силы на поперечную плоскость YZ .

Для определения плеча кренящего момента, равного

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

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 $S_{BC} = 9,53$ м². 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]

$$F_A = \frac{\gamma_\epsilon}{q} \cdot \frac{W^2}{2} SA \cdot \cos \Theta = f_{yA}(\Theta) \cdot \frac{\gamma_\epsilon}{q} \cdot \frac{W^2}{2} SA, \quad (11)$$

где γ_B – удельный вес воздуха, равный при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 15°C $\gamma_B=1,225 \text{ кг/м}^3$; g – ускорение силы тяжести равное $g=9,81 \text{ м/с}^2$.

Согласно Табл.1 площадь парусности яхты класса Л-6 составляет 59 м². В настоящее время согласно новым Правилам класса максимальная обмерная площадь парусов доведена до 70 м² (Приложение 3). Поэтому далее примем $SA=70\text{ м}^2$.

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

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

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

Подп. и дата	ты без учета профиля парусов и их расположении в ДП яхты, может быть вычислена по формуле [2]					
Взаим.инв. №	$F_A = \frac{\gamma_{\text{в}}}{g} \cdot \frac{W^2}{2} SA \cdot \cos \Theta = f_{y\lambda}(\Theta) \cdot \frac{\gamma_{\text{в}}}{g} \cdot \frac{W^2}{2} SA \quad , \tag{11}$					
Инв.№ дубл.	где $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес воздуха, равный при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 15°С $\gamma_{\text{в}}=1,225 \text{ кг/м}^3$; g – ускорение силы тяжести равное $g=9,81 \text{ м/с}^2$. Согласно Табл.1 площадь парусности яхты класса Л-6 составляет 59 м ² . В настоящее время согласно новым Правилам класса максимальная обмерная площадь парусов доведена до 70 м ² (Приложение 3). Поэтому далее примем $SA=70 \text{ м}^2$. Используя третье уравнение из (9) и формулу (11), можно получить					
Подп. и дата	$W = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot g \cdot l_{cm}}{\gamma_{\text{в}} \cdot h \cdot SA \cdot f_{y\lambda}(\Theta)}} \quad , \tag{12}$					
Инв.№ подл.	В Табл.6 приведены вычисления по формуле (12) скорости истинного ветра для указанных ранее углов крена яхты при полной парусности.					
					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Соотношения статического угла крена, скорости и силы истинного ветра

Угол крена Θ , 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 м² 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 $SA=63,5$ м² 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	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.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
					29

Относительные значения составляющих аэродинамической силы

Угол крена Θ , 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

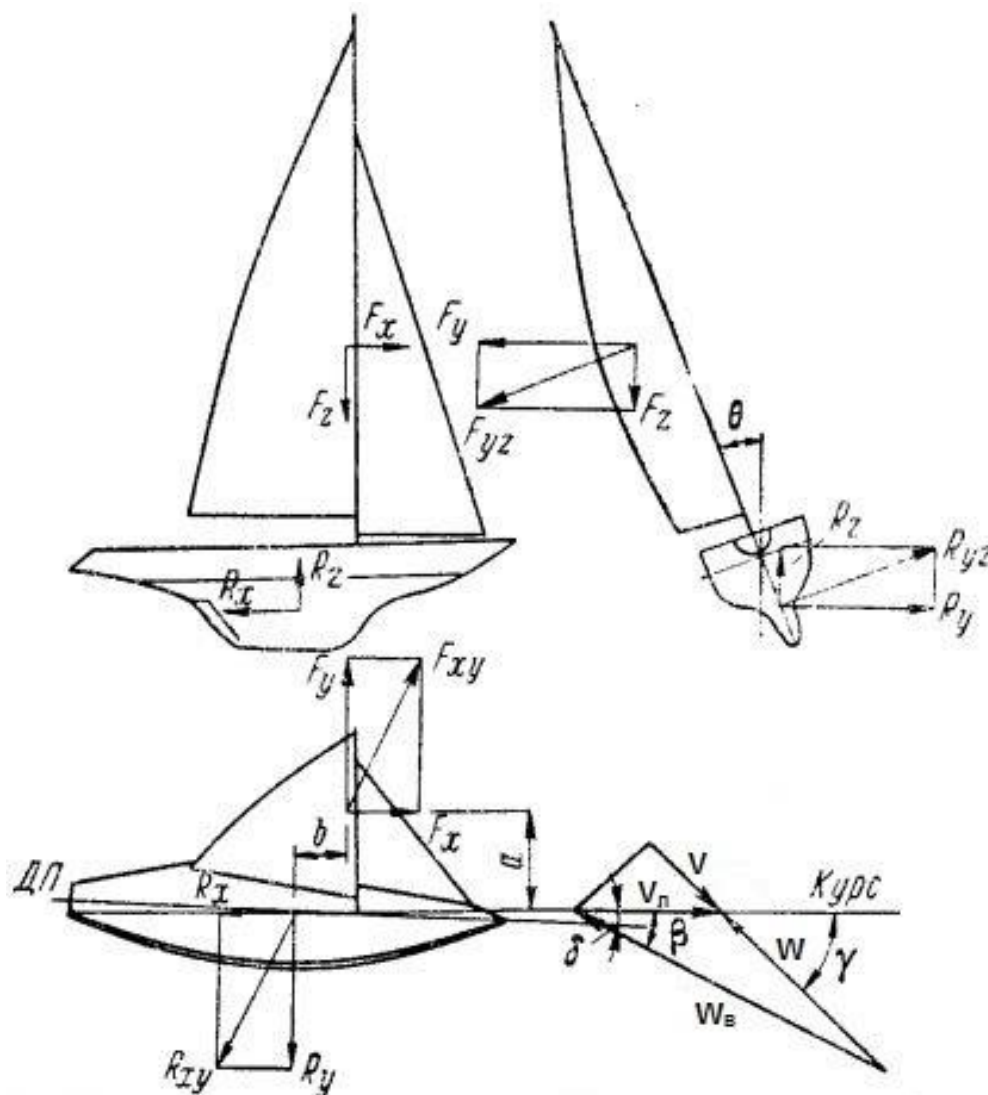


Рис.14 Схема сил на парусах и на корпусе яхты на курсе бейдевинд и треугольники скоростей: V_n – курсовая скорость яхты; V – скорость выхода на ветер; W_s – скорость вымпельного ветра; W – скорость истинного ветра; δ – угол дрейфа

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
						30

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

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

где $M_{кр}^0$ – кренящий момент при угле крена 0° ; 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 м². При вычислениях в Табл.6 обмерная площадь парусов пинята в соответствии с новыми правилами класса Л-6 равной 70 м², т.е. на 10% больше.

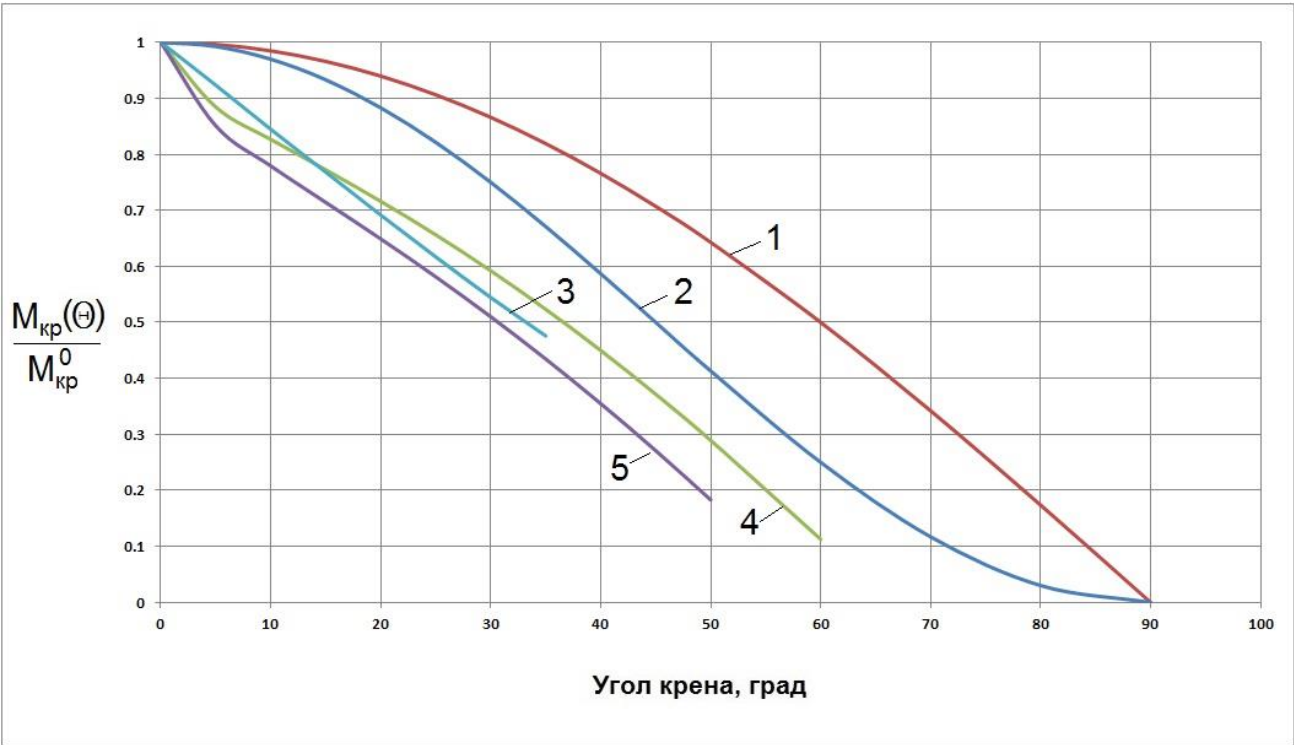


Рис.15 Относительный кренящий момент:
 1 – Ч.Мархай ($\cos \Theta$) [2]; 2 – $\cos^2 \Theta$ [3]; 3 – К.Дэвидсон [4];
 4 – по формуле (13) при $k=0,05$ [3] ; 5 – по формуле (13) при $k=0,065$ [3]

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата																																																																		
The graph plots the relative heeling moment $\frac{M_{кр}(\Theta)}{M_{кр}^0}$ on the y-axis (0 to 0.9) against the heel angle in degrees on the x-axis (0 to 100). Five curves are shown: 1 (red), 2 (blue), 3 (cyan), 4 (green), and 5 (purple). All curves start at (0, 1.0) and decrease as the angle increases. Curve 1 is the highest, followed by 2, 3, 4, and 5 is the lowest. <table border="1"><caption>Approximate data points from the graph</caption><thead><tr><th>Угол крена, град</th><th>1 (red)</th><th>2 (blue)</th><th>3 (cyan)</th><th>4 (green)</th><th>5 (purple)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr><tr><td>10</td><td>0.98</td><td>0.95</td><td>0.92</td><td>0.88</td><td>0.85</td></tr><tr><td>20</td><td>0.95</td><td>0.88</td><td>0.82</td><td>0.75</td><td>0.70</td></tr><tr><td>30</td><td>0.90</td><td>0.78</td><td>0.70</td><td>0.60</td><td>0.55</td></tr><tr><td>40</td><td>0.82</td><td>0.65</td><td>0.58</td><td>0.45</td><td>0.40</td></tr><tr><td>50</td><td>0.72</td><td>0.50</td><td>0.45</td><td>0.30</td><td>0.25</td></tr><tr><td>60</td><td>0.60</td><td>0.35</td><td>0.30</td><td>0.15</td><td>-</td></tr><tr><td>70</td><td>0.48</td><td>0.18</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>80</td><td>0.35</td><td>0.05</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>90</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></tbody></table>					Угол крена, град	1 (red)	2 (blue)	3 (cyan)	4 (green)	5 (purple)	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	0.98	0.95	0.92	0.88	0.85	20	0.95	0.88	0.82	0.75	0.70	30	0.90	0.78	0.70	0.60	0.55	40	0.82	0.65	0.58	0.45	0.40	50	0.72	0.50	0.45	0.30	0.25	60	0.60	0.35	0.30	0.15	-	70	0.48	0.18	-	-	-	80	0.35	0.05	-	-	-	90	0.00	0.00	-	-	-
Угол крена, град	1 (red)	2 (blue)	3 (cyan)	4 (green)	5 (purple)																																																																	
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																																																	
10	0.98	0.95	0.92	0.88	0.85																																																																	
20	0.95	0.88	0.82	0.75	0.70																																																																	
30	0.90	0.78	0.70	0.60	0.55																																																																	
40	0.82	0.65	0.58	0.45	0.40																																																																	
50	0.72	0.50	0.45	0.30	0.25																																																																	
60	0.60	0.35	0.30	0.15	-																																																																	
70	0.48	0.18	-	-	-																																																																	
80	0.35	0.05	-	-	-																																																																	
90	0.00	0.00	-	-	-																																																																	
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]																																																																						
<table><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																																													
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																																																		
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6																																																																						
Лист 31																																																																						

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 $SA=70 \text{ м}^2$, 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; β, γ – 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 Θ , град	$l_{\text{см}}$, м	f_{yz}	$W_{\text{в}}$, 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 $13,5^\circ$, 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.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	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 $13,5^\circ$, 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.	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист				
							32				
							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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]

$$l_{cm} = l_{\phi} - l_{\theta} = Y_C \cdot \cos \Theta + (Z_C - Z_{C0}) \sin \Theta - (Z_q - Z_C) \sin \Theta, \quad (15)$$

где Z_c и Y_c – соответственно аппликата ЦВ от ОП и ордината ЦВ от ДП при угле крена Θ , Z_{c0} – 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

$$\begin{aligned} Z_{gp} &= Z_g + \frac{G_1(h_1 + D - Z_g)}{G_p} = 1,45 + \frac{300(0,5 + 2,6 - 1,45)}{7400} = 1,52 \text{ м} \\ Y_{gp} &= \frac{G_1 \cdot Y_1}{G_n} = \frac{300 \cdot 1,40}{7400} = 0,06 \text{ м} \end{aligned} \quad (16)$$

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).

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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

Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №

ИНВ.№ дубл.	
-------------	--

Подп. и дата	
--------------	--

ИНВ.№ подл.	
-------------	--

нулевом 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.

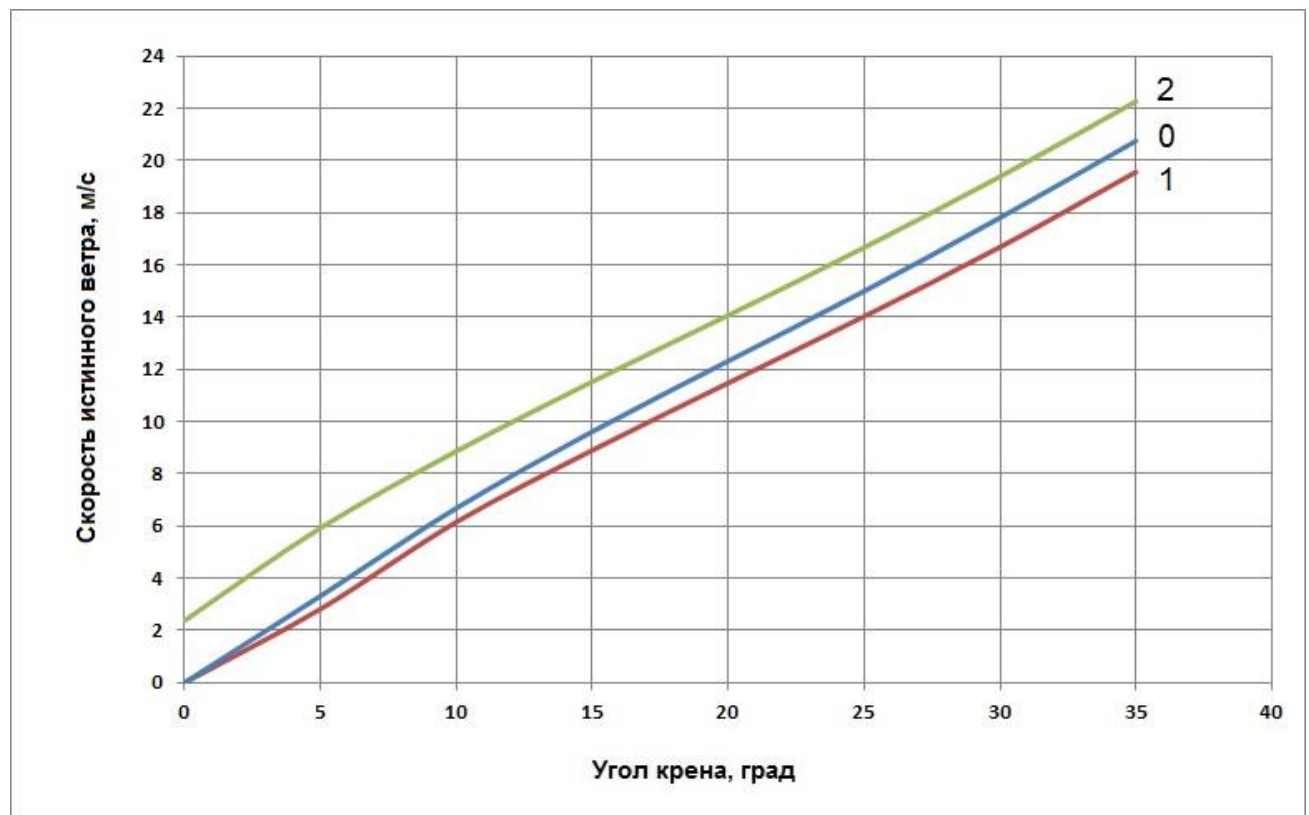


Рис.17 Зависимости угла крена от скорости истинного ветра: 0– при обмерном состоянии ($DISPL = 6500$ кг, $Z_g = 1,45$ м, $Z_D = 1,00$ м); 1– с экипажем и запасами без откренения ($DISPL = 7400$ кг, $Z_g = 1,52$ м, $Y_g = 0$ м, $Z_D = 1,03$ м); 2– с экипажем и запасами при откренении ($DISPL = 7400$ кг,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

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

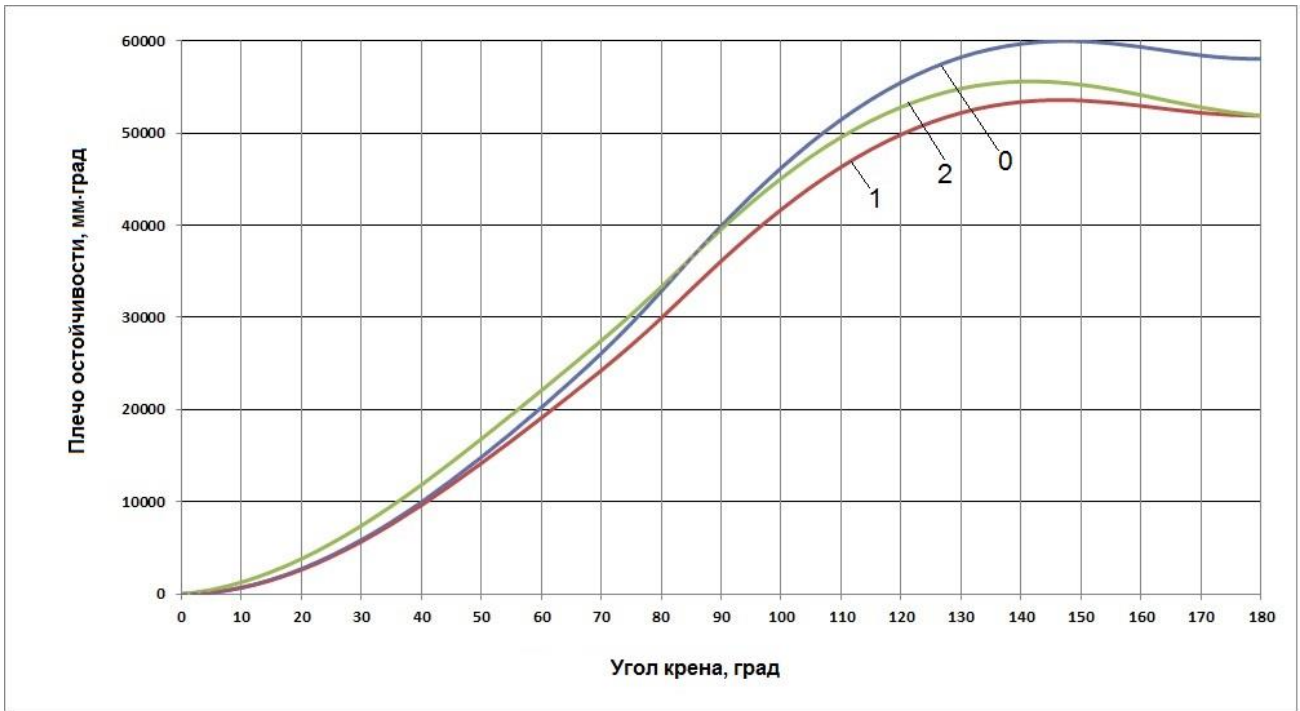


Рис.18 Диаграмма плеча динамической остойчивости яхты класса Л-6:
 1– в обмерном состоянии; 2– с экипажем и запасами без откренивания;
 3– с экипажем и запасами при откренивании

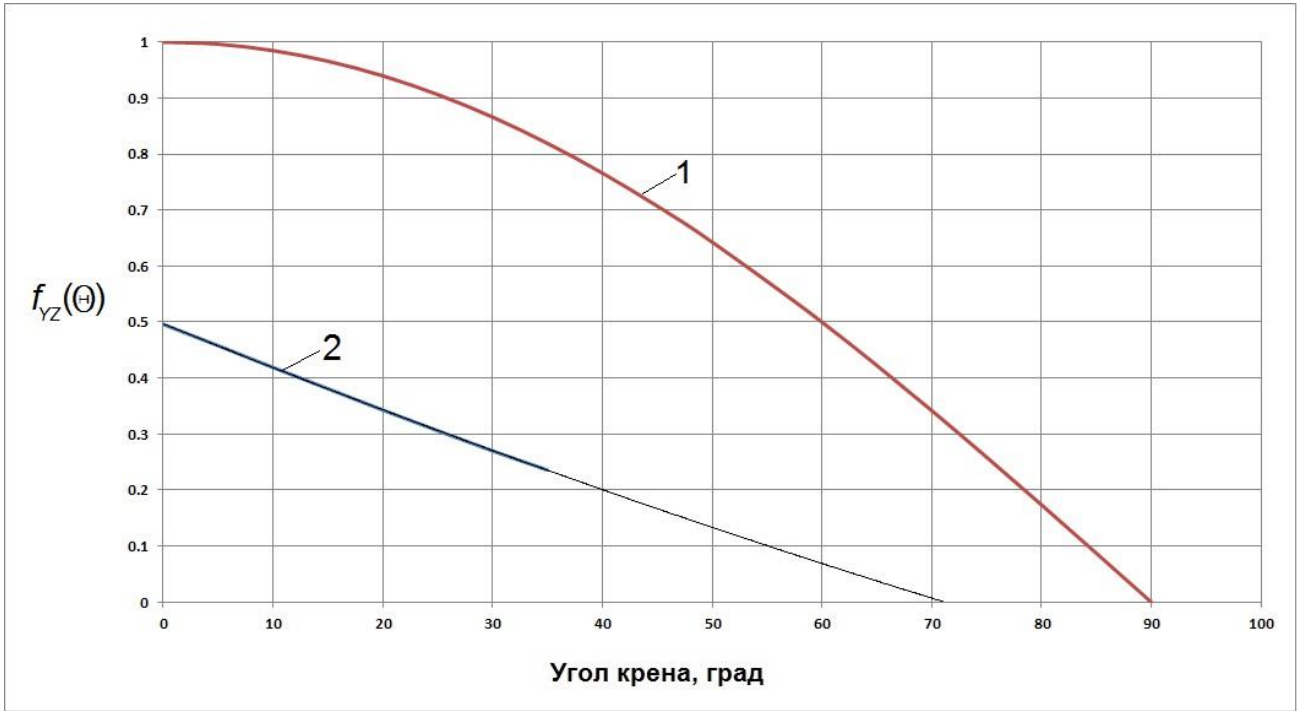


Рис.19 Зависимость кренящей силы от угла крена:
 1– при расположении плоских парусов в ДП по формуле (11);
 2– при курсе крутой бейдевинд по К.Дэвидсону (см. Табл.7)

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата																																	
<table border="1"><caption>Data points estimated from Figure 19</caption><thead><tr><th>Угол крена, град (Θ)</th><th>f_{YZ}(Θ) (Curve 1)</th><th>f_{YZ}(Θ) (Curve 2)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>1.00</td><td>0.50</td></tr><tr><td>10</td><td>0.98</td><td>0.42</td></tr><tr><td>20</td><td>0.92</td><td>0.34</td></tr><tr><td>30</td><td>0.82</td><td>0.26</td></tr><tr><td>40</td><td>0.68</td><td>0.18</td></tr><tr><td>50</td><td>0.50</td><td>0.10</td></tr><tr><td>60</td><td>0.32</td><td>0.02</td></tr><tr><td>70</td><td>0.15</td><td>0.00</td></tr><tr><td>80</td><td>0.02</td><td>-</td></tr><tr><td>90</td><td>0.00</td><td>-</td></tr></tbody></table>					Угол крена, град (Θ)	f _{YZ} (Θ) (Curve 1)	f _{YZ} (Θ) (Curve 2)	0	1.00	0.50	10	0.98	0.42	20	0.92	0.34	30	0.82	0.26	40	0.68	0.18	50	0.50	0.10	60	0.32	0.02	70	0.15	0.00	80	0.02	-	90	0.00	-
Угол крена, град (Θ)	f _{YZ} (Θ) (Curve 1)	f _{YZ} (Θ) (Curve 2)																																			
0	1.00	0.50																																			
10	0.98	0.42																																			
20	0.92	0.34																																			
30	0.82	0.26																																			
40	0.68	0.18																																			
50	0.50	0.10																																			
60	0.32	0.02																																			
70	0.15	0.00																																			
80	0.02	-																																			
90	0.00	-																																			
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)																																					
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr></table>										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																	

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист
37

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

получим

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

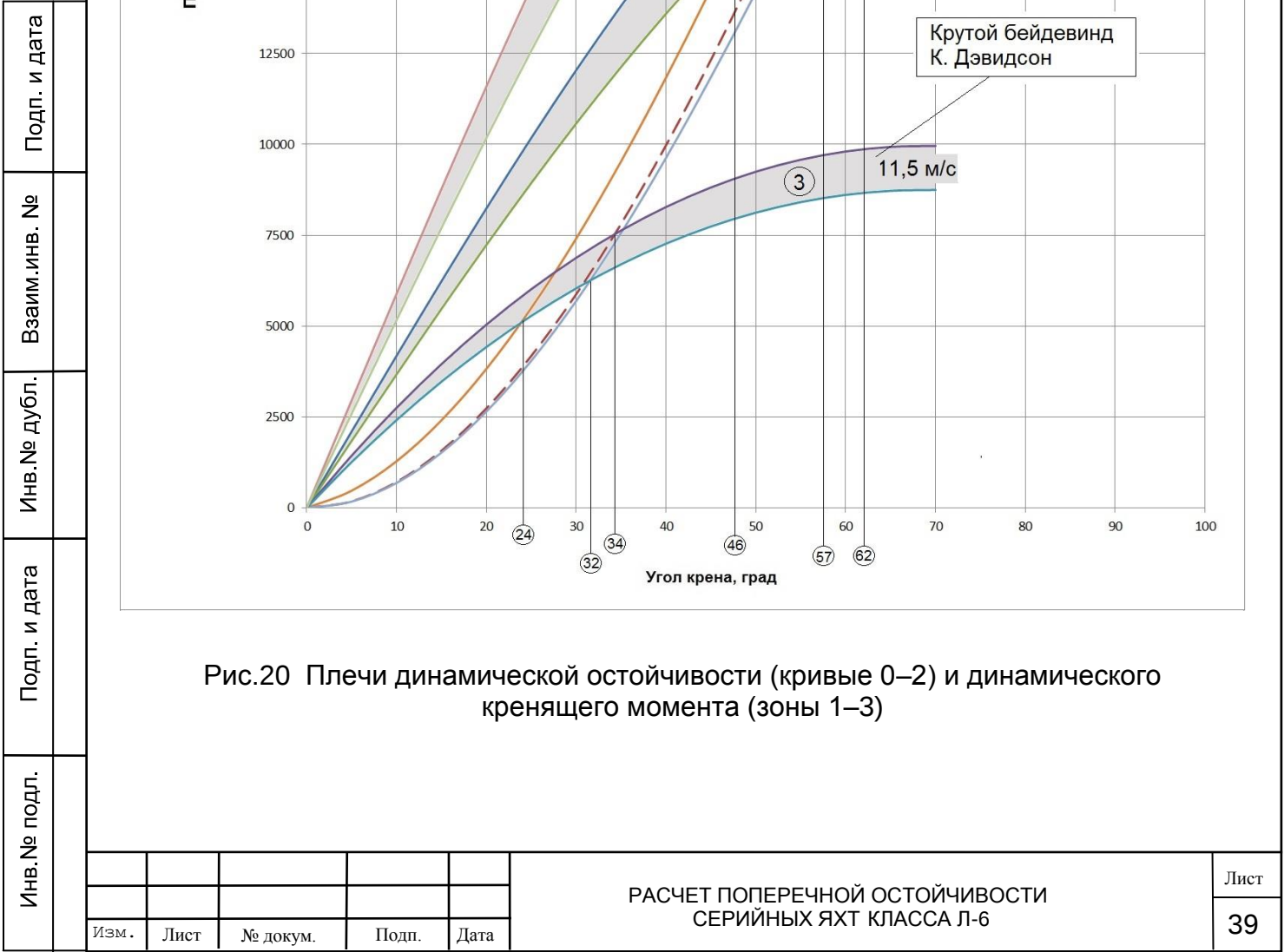
На Рис.20 это уравнение решается графически. Кривые 0–2 представляют собой динамические плечи остойчивости, вычисленные для обмерного состояния яхты при $DISP=6500$ кг по диаграмме на Рис.12 (кривая 0) и для яхты с экипажем и запасами при $DISP=7400$ кг (кривая 1 без отклонения, кривая 2 с отклонением).

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° , 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° , а при откренивании (кривая 2 и нижняя граница зоны 1) динамический крен уменьшится до 46° .

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.



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

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

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	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.						
										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° и 24° 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° и 18°). Это вызывает сомнение в правильности вычислений в [4].

В статье [3] приводятся графики относительного плеча остойчивости формы $\Gamma_\phi = l_\phi / BWL$ в зависимости от относительной высоты надводного борта $F = FMD / BWL$ и угла килеватости для корпуса классической формы при углах крена до 45° . Угол килеватости ψ 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

$$l = \Gamma_\phi \cdot BWL - (Z_g - Z_c) \sin \Theta. \quad (23)$$

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	Γ_ϕ , м	l_ϕ , м	l , м	l_{cm} , м	Δ , %
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

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
									41

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:

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

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

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°. Плечо l_{90} получается отрицательным! В связи с этим и угол заката условной диаграммы оказывается в интервале 70-90°, что противоречит здравому смыслу и полученным выше результатам расче-

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

Подп. и дата						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°. Поскольку крен в 90° 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 накренинии за мачту затруднительно. По диаграмме на Рис.12 максимальное плечо остойчивости равно $l_{cm_max}=0,730$ м и соответствует углу крена 81°. При создании кренящего момента тягой спинакр-фала за мачту у топ-вант плечо кренящей силы будет примерно равно $h_{кр} = h_{\mathcal{M}} + D_{\mathcal{M}} - Z_g - l_{cm_max}, \tag{24}$ где $h_{\mathcal{M}}$ – высота блока фала над палубой; $D_{\mathcal{M}}$ – высота корпуса в районе мачты; Z_g – аппликата ЦТ от ОП; l_{cm_max} – максимальное плечо остойчивости.	
Взаим.инв. №							
Инв.№ дубл.							
Подп. и дата							
Инв.№ подл.							
						РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
							43
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

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

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

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 $h_{kp}=11,97$ 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° выполнено А.Л.Ходоровским и показано на Рис.21.

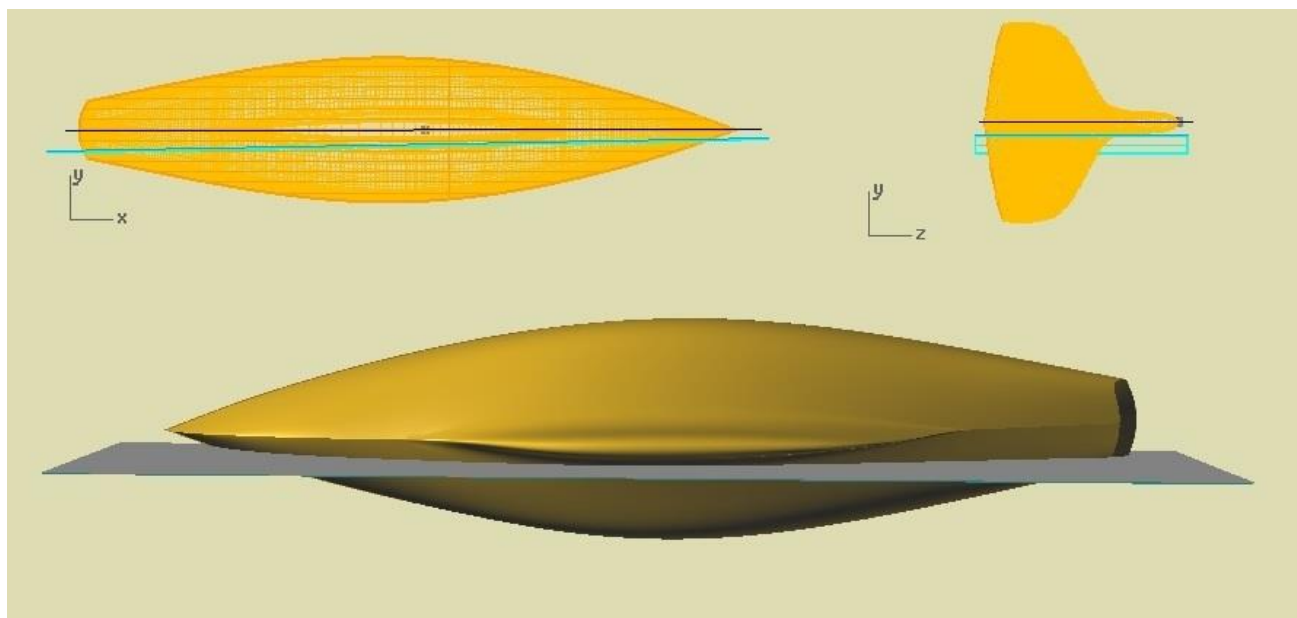


Рис.21. Моделирование положения яхты класса Л-6 при угле крена 90°

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.

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

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

Взаим.инв. №	
--------------	--

ИНВ.№ дубл.	
-------------	--

Подп. и дата	
--------------	--

ИНВ.№ подл.	
-------------	--

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

$$FDS = \left(\frac{A_{GS}}{15,81 \sqrt{L_H}} \right)^{0,3} \text{ – фактор динамической остойчивости, где } A_{GS} \text{ – площадь поло-}$$
$$FIR = \begin{cases} \frac{\Theta_{3\alpha\kappa}}{125 - m/1600} & m < 40\,000 \\ \frac{\Theta_{3\alpha\kappa}}{100} & m \geq 40\,000 \end{cases} \quad - \text{ фактор, учитывающий угол заката } \Theta_{3\alpha\kappa};$$
$$FKR = \begin{cases} 0,875 + 0,0833 F_R & F_R \geq 1,5 \\ 0,5 + 0,333 F_R & F_R < 1,5 \\ 0,5 & \Theta_{3\alpha K} < 90^\circ \end{cases} \quad \text{– фактор, учитывающий возможность самостоятель-}$$
$$FDL = \left(0,6 + \frac{15 m F_L}{L_{BS}^3 (333 - 8 L_{BS})} \right)^{0,5} - \text{фактор отношения водоизмещения к длине; где}$$
$$FBD = \begin{cases} \left(13,31 B_{WL} / (B_H F_B^3)\right)^{0,5} & F_B > 2,20 \\ \left(B_{WL} F_B^2 / (1,682 B_H)\right)^{0,5} & F_B < 1,45 \\ 1,118 (B_{WL} / B_H)^{0,5} & \end{cases} \quad \text{— фактор отношения водоизмещения к}$$
$$FWM = \begin{cases} 1 & \Theta_{DW} \geq 90^\circ \\ \frac{v_{AW}}{17} & \Theta_{DW} < 90^\circ \end{cases} \quad - \text{ фактор, учитывающий возможность заливания}$$

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

Подп. и дата	$FDL = \left(0,6 + \frac{15 m F_L}{L_{BS}^3 (333 - 8 L_{BS})} \right)^{0,5}$ – фактор отношения водоизмещения к длине; где					
Взаим.инв. №	$L_{BS} = (2 L_{WL} + L_H)/3 ; F_L = (L_{BS} / 11)^{0,2}$ $FBD = \begin{cases} \left(13,31 B_{WL} / (B_H F_B^3) \right)^{0,5} & F_B > 2,20 \\ \left(B_{WL} F_B^2 / (1,682 B_H) \right)^{0,5} & F_B < 1,45 \\ 1,118 (B_{WL} / B_H)^{0,5} \end{cases}$ – фактор отношения водоизмещения к					
Инв.№ дубл.	ширине; где $F_B = 3,3 B_H / (0,03 m)^{1/3}$; B_H – ширина корпуса; B_{WL} – ширина ВЛ;					
Подп. и дата	$FWM = \begin{cases} 1 & \Theta_{DW} \geq 90^\circ \\ \frac{\nu_{AW}}{17} & \Theta_{DW} < 90^\circ \end{cases}$ – фактор, учитывающий возможность заливания					
Инв.№ подл.	при углах крена до 90°; где $\Theta_{DW} = \min (\Theta_{DC} , \Theta_{DH})$; Θ_{DC} – угол крена, при котором заливается медленно осущающиеся кокпиты; Θ_{DH} – угол крена, при котором заливаются главные люки; ν_{AW} – скорость вымпельного ветра, приводящая к углу крена Θ_{DW} при полной парусности, м/с, определяемая формулой					
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6						Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$v_{AW} = \left(\frac{13 m GZ_D}{A_s (h_{CE} + h_{LP}) |\cos \Theta_{DW}|^{1,3}} \right)^{0,5}, \text{ где } h_{LP} - \text{отстояние ЦБС от ВЛ, м; } GZ_D - \text{плечо}$$

остойчивости при угле крена Θ_{DW} , при котором на тихой воде происходит заливание корпуса, м ;

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

Индекс устойчивости $STIX$ 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 устойчивости, вычислены их значения, а также рассчитан индекс устойчивости.

Таблица 11

Расчет индекса устойчивости ISAF для яхты класса Л-6

m , кг	L_H , м	B_H , м	A_S , м ²	L_{WL} , м	L_{BS} , м	B_{WL} , м	h_{CE} , м	GZ_{90} , м	$\Theta_{зак}$, град	Θ_{DF} , град	Θ_{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 устойчивости яхты Л-6 по правилам ISAF равна $STIX=43$. Величина $AVS=130-0,002*7400=115,2^\circ$. Таким образом, по критерию устойчивости ISAF (п.3.04) и стандарту ISO 12217-2 (п.6.) в части устойчивости яхты класса Л-6 имеют достаточную устойчивость, чтобы быть допущенными к гонкам и плаваниям 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 устойчивости, например, ORC Rating System или IRC SSS Base.

Инв.№ подл.					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
										47
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

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° .

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 $-5^{\circ} \leq CI \leq 5^{\circ}$; $SI = 0,434 DISPL^{1/3} + 0,3645 LWL - 10^0$ – параметр размера, при этом $SI \leq 10^0$.

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.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
										48
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

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° 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° 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

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

где Δ_{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

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

Принимая для яхты Л-6 $\Delta_{SPM} = 7400$ кг, $LOA = 12,5$ м, $L = (12,5 + 8,9)/2 = 10,7$ м, $B_{MAX} = 2,80$ 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.

					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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° 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	Согласно требованию 7.6 остойчивость парусных и парусно-моторных судов рассчитывается и проверяется по формуле $\frac{BMAX + 2D}{LWL} + \frac{T \cdot K}{2} \geq 0,8 , \tag{30}$ 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, $BMAX=2,80$ 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° по формуле $W = 119 \sqrt{\frac{M_{30}}{h_{II} \cdot SA}} , \tag{31}$	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист 50

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 сопротивление 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 м² 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 м² 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
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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 $1,1^\circ$ 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 наклоне для всех рассмотренных вариантов нагрузки не превышает $1,5^\circ$.
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).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взаим. инв. №	Подп. и дата	высокий индекс остойчивости $STIX=148^{\circ}$ и 111° (с.47), позволяющие им 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 московского 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).	
					РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

14. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность полученных результатов расчета подтверждается:

1. Достоверностью исходных данных, представленных оригинальными чертежами, мерительными свидетельствами и результатами взвешивания конкретных яхт класса Л-6.
2. Независимым расчетом Offshore Racing Congress (ORC) диаграммы статической остойчивости яхты класса Л-6 «Лилия» (Приложение 2).
3. Статистическими и эмпирическими данными.
4. 55-летним опытом активной и успешной эксплуатации 99-ти единиц серии яхт класса Л-6 и Л-6М в дальних плаваниях и морских гонках.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

15. ВЫВОДЫ

Выполненная оценка остойчивости яхт класса Л-6 позволяет сделать следующие выводы:

1. По Специальным правилам ISAF для морских гонок и стандарту ISO 12217-2 яхты Л-6 могут совершать плавания вплоть до океанских (категория "А") и участвовать в гонках всех категорий (0-3).
2. По Правилам обмера IMS и системе гандикапа ORC Rating System яхты Л-6 могут участвовать в гонках всех категорий (0-3).
3. По Правилам классификации спортивных судов (Приложение 1 к приказу Госкомспорта РФ № 440 от 05 ноября 2002 г.) яхты класса Л-6 могут участвовать в гонках всех категорий (0-3).
4. По Правилам Российского московского регистра судоходства (РМРС) в части остойчивости спортивных парусных судов яхты класса Л-6 соответствуют категориям 1-3.
5. По Правилам Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России (ГИМС) в части остойчивости парусных прогулочных судов для яхт класса Л-6 при полной парусности допустимая скорость ветра составляет 11 м/с .

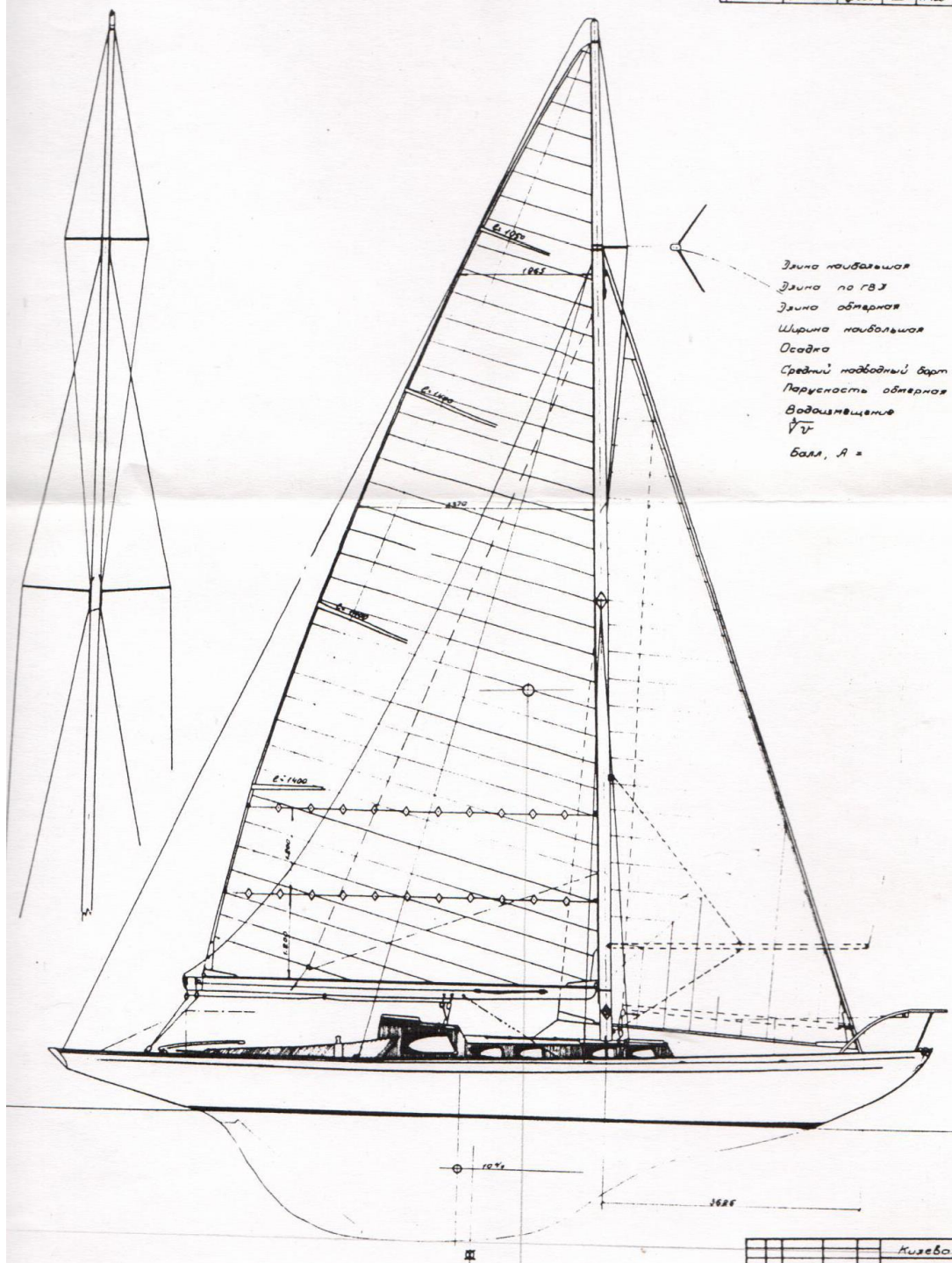
Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата							
						РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6					Лист
Изм .	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

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>

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Инв.№ дубл.	Взаим.инв. №	Подп. и дата	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 2016-2917. 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
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6
					Лист 56

Длина поизваляевоа	12 550
Длина по ГВЗ	8 600
Длина обмерная	8 830
Ширина поизваляевоа	2 800
Осадка	1 800
Средний подобный варт	833
Поручность обмерная	158 00 м ²
Возвращающаево	6 530 тн
Въ	1 180 м
Болъ, Я =	7 820



				Музейная яхта X-6							
				Общий вид	16-00-00						
				и парусность	<table><tr><td>кол</td><td>век</td><td>метр</td></tr><tr><td></td><td></td><td>130</td></tr></table>	кол	век	метр			130
кол	век	метр									
		130									
1. Музейная яхта X-6					2. Музейная яхта X-6						
3. Музейная яхта X-6					4. Музейная яхта X-6						
5. Музейная яхта X-6					6. Музейная яхта X-6						
7. Музейная яхта X-6					8. Музейная яхта X-6						
9. Музейная яхта X-6					10. Музейная яхта X-6						
11. Музейная яхта X-6					12. Музейная яхта X-6						
13. Музейная яхта X-6					14. Музейная яхта X-6						
15. Музейная яхта X-6					16. Музейная яхта X-6						
17. Музейная яхта X-6					18. Музейная яхта X-6						
19. Музейная яхта X-6					20. Музейная яхта X-6						
21. Музейная яхта X-6					22. Музейная яхта X-6						
23. Музейная яхта X-6					24. Музейная яхта X-6						
25. Музейная яхта X-6					26. Музейная яхта X-6						
27. Музейная яхта X-6					28. Музейная яхта X-6						
29. Музейная яхта X-6					30. Музейная яхта X-6						
31. Музейная яхта X-6					32. Музейная яхта X-6						
33. Музейная яхта X-6					34. Музейная яхта X-6						
35. Музейная яхта X-6					36. Музейная яхта X-6						
37. Музейная яхта X-6					38. Музейная яхта X-6						
39. Музейная яхта X-6					40. Музейная яхта X-6						
41. Музейная яхта X-6					42. Музейная яхта X-6						
43. Музейная яхта X-6					44. Музейная яхта X-6						
45. Музейная яхта X-6					46. Музейная яхта X-6						
47. Музейная яхта X-6					48. Музейная яхта X-6						
49. Музейная яхта X-6					50. Музейная яхта X-6						
51. Музейная яхта X-6					52. Музейная яхта X-6						
53. Музейная яхта X-6					54. Музейная яхта X-6						
55. Музейная яхта X-6					56. Музейная яхта X-6						
57. Музейная яхта X-6					58. Музейная яхта X-6						
59. Музейная яхта X-6					60. Музейная яхта X-6						
61. Музейная яхта X-6					62. Музейная яхта X-6						
63. Музейная яхта X-6					64. Музейная яхта X-6						
65. Музейная яхта X-6					66. Музейная яхта X-6						
67. Музейная яхта X-6					68. Музейная яхта X-6						
69. Музейная яхта X-6					70. Музейная яхта X-6						
71. Музейная яхта X-6					72. Музейная яхта X-6						
73. Музейная яхта X-6					74. Музейная яхта X-6						
75. Музейная яхта X-6					76. Музейная яхта X-6						
77. Музейная яхта X-6					78. Музейная яхта X-6						
79. Музейная яхта X-6					80. Музейная яхта X-6						
81. Музейная яхта X-6					82. Музейная яхта X-6						
83. Музейная яхта X-6					84. Музейная яхта X-6						
85. Музейная яхта X-6					86. Музейная яхта X-6						
87. Музейная яхта X-6					88. Музейная яхта X-6						
89. Музейная яхта X-6					90. Музейная яхта X-6						
91. Музейная яхта X-6					92. Музейная яхта X-6						
93. Музейная яхта X-6					94. Музейная яхта X-6						
95. Музейная яхта X-6					96. Музейная яхта X-6						
97. Музейная яхта X-6					98. Музейная яхта X-6						
99. Музейная яхта X-6					100. Музейная яхта X-6						

Лист

ИНВ. №					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Измерения в метрах и килограммах
Мариталь Чайкин, 33
Выдано:

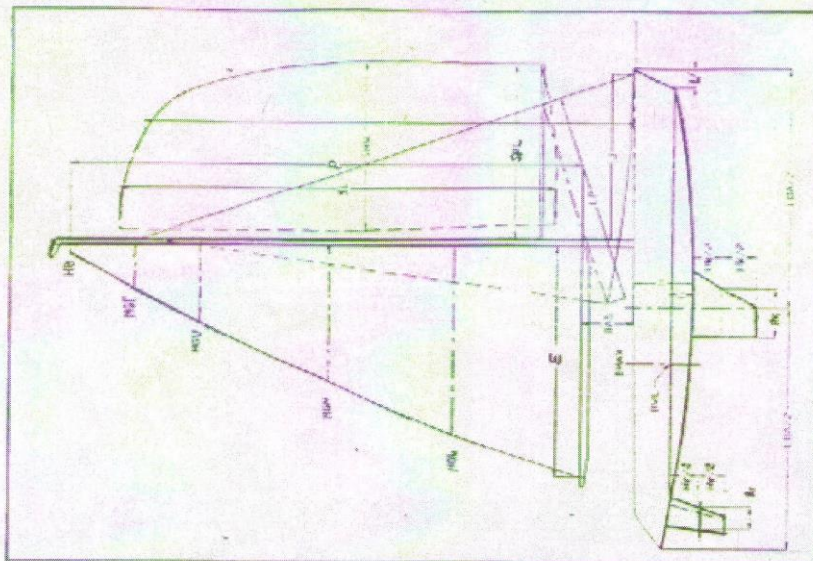
Объем корпуса —	Объем парусов —
DISPL 6.410 кг	FOOT
LOA: 12.640	P: 13.36
Wmax: 2.810	E: 4.53
Bw: 2.610	BAS: 1.10
Lc: 1.020	MGT: 0.90
D: 1.800	MGM: 1.56
Rm: 97.23	MGL: 2.84
L: 11.072	NB 3.85
Киль	HB 0.15
Нк:	Сквозные латы мет (2.402)
Вк: 3.905	Качество:
Бульб:	Стапель
Db: -	I: 11.566
Lb: -	J: 3.97
Рубль	J: 5.95
Hr: 0	JL: 13.90
Вr: 0	Качество: (2.402)
	Сплайсер
	Симметричный:
	Ассиметричный: мет
	SL: 11.58
	SMW: 7.10
	SPL: 3.97
	Качество: (2.402)

Круговая
Олимпийская
Петля
Париронка
Формезинд

Я ПОНИМАЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

Владолец:
Адрес:
Телефон:
Подпись:

W. A. Brown



Лист

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

ПАРУСНЫЙ КРЕЙСЕРСКИЙ СОЮЗ
С-Петербург

Мерительное

свидетельство № **RUS-668-01**

Измерения в метрах и килограммах

Меритель Алексей В.В.
Выдано: 08.09.00

Яхта: Ника
Номер на парусе: RUS-630
Дата обмера: 29.08.2000
Тип яхты: Л-6
Конструктор: Л. Киселев
Строитель: ЛЭС ВЦСПС
Вооружение: Бермудский шлюп
Киль: Классический
Винт: Постоянный
Установка: С прямым валом
Максимальная масса экипажа: 480.00 кг.



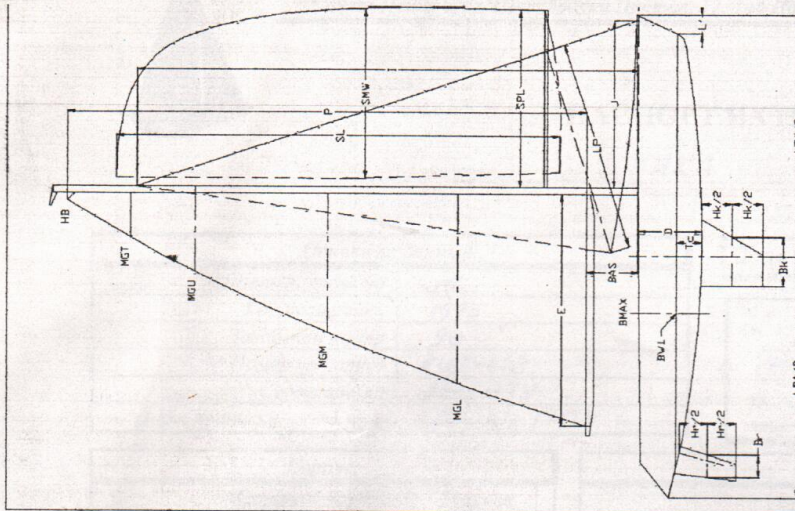
Обмер корпуса	Обмер парусов
DISPL: 7.48	Gross 13.36
LOA: 12.27	P: 4.78
Bmax: 2.83	E: 1.35
Bwl: 2.66	BAS: 1.05
Tc: 0.80	MGT: 1.53
D: 2.01	MGU: 2.81
Rm: 92.98	MGL: 4.15
L: 1.44	NB 0.19
Киль	Сквозные латы
Nk: 0.97	Нет
Bk: 3.96	Качество: 0.95
Бульб: Нет	Стаксель
Db: 0	I: 11.71
Lb: 0	J: 4.04
Рудь	LP: 5.50
Hr: 1.52	JL: 11.34
Bt: 0.01	Качество: 0.95
	Спинакер
	Симметричный: Есть
	Ассимметричный: Нет
	SL: 11.78
	SMW: 7.28
	SPL: 4.04
	Качество: 0.95

Расчетные параметры

Усредненное время прохождения 1 мили RS: 766 с
Коэффициент RRS: 1.051

Результаты по дистанциям

Время	RS A	RS B
Круговая	766 0.9031	-0.0219
Олимпийская	832 0.9047	-0.0241
Петля	959 0.9159	-0.0207
Лавировка	1093 0.8564	-0.0337
Фордевинд	816 0.9871	-0.0102



Я ПОНИМАЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАПАГАЕМУ!
ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

Владелец:
Адрес:
Телефон:
Подпись:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

TOTD - 10R 1996

ОНЕГА
RUS 671 A 0.9239 #
БАЛЛ 7.07 МЕТР. В 0.0042 #

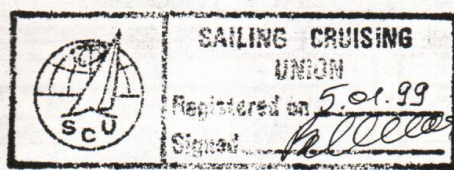
Я ПОДТВЕРЖДАЮ, ЧТО ПОНИМАЮ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ
ПРАВИЛАМИ ОБМЕРА

.....
ПОДПИСЬ /ФАМИЛИЯ/

СВИДЕТЕЛЬСТВО N 671.003 СТР.1
ИЗМЕРЕНИЯ В МЕТРАХ И КИЛОГРАММАХ
ТАП И СТР. N: Л-6 N 13
КОНСТРУКТОР: А.П.КИСЕЛЕВ
СТРОИТЕЛЬ: ВЕРФЬ ВУСПС
ООРУЖЕНИЕ: БЕРМУДСКИЙ ШАЛП
КИЛЬ: ПОСТОЯННЫЙ
ВИНТ: ЖЕСТКИЙ
УСТАНОВКА: В БОЛЬШОМ ВУРЕЗЕ
НАЦ.ОРГАН: ВСЕРОССИЙСКАЯ ОПС
СРОК ДЕЙСТВИЯ 31.12.99

СВИДЕТЕЛЬСТВО N 671.003 ОНЕГА
СТР.2
RUS 671
-----ВЫСОТЫ БОРТА-----
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
FMDS 0.742 BSC 0.000 RMC 102.891 PDC 0.508
FBMS 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
-----L/FC-----D-----DC-----
FOC 0.5056 AGSL 4.883 FDIC 0.3492 DB 2.082
AOCC 0.0022 APSL 3.821 FDI 0.349 RD 1.947
AOC 0.0022 BAPSL 0.000 ICMDI 0.904 DSPL 7428.
AACP 0.1888 APSLC 3.821 CMDI 0.769
AOCC -0.1843 ACB1 -0.184 ICMDI 0.644
YCDR 0.0000 ACB2 0.000 MDI 0.516
FB 0.941 HGLA 1.054 ICMDI 0.416 ICMD 1.640
FM 0.881 HGLI 1.229 ICMDI 0.309 IMD 1.380
CCAI 0.000 BDR 0.9877 MDIA 0.5113 ICMD 1.152

ВЛАДЕЛЕЦ
СПБ. РЕЧНОЯ Я/К
197042 С.-ПЕТЕРБУРГ
ПЕТРОВСКАЯ КОСА, 7



ДАТА КРЕНОВАНИЯ 28.08.98
SB 1.000
ВЫДАНО ПАРУСНЫМ КРЕЙСЕРСКИМ СОЮЗОМ
127644 МОСКВА, ЛОБЕНСКАЯ, 21

-----ПРИМЕЧАНИЯ-----ДАТЫ-----
ИЗМ.КОРП. 0.00
СЕРИИ 12.72
ОБОРУДОВАНИЯ 10.75
ПОСТРОЙКИ 5.65
ПОЛНАЯ ОБЪЕМ КОРПУСА

--КОРПУС--		SBFI 0.0000	
LGA	12.002 BMAX	2.810 FF	0.995 W1 15.000 PD1 0.041
FSD	0.812 B	2.810 FFI	0.953 W2 30.000 PD2 0.080
AGO	0.602 BWL	2.677 FFD	0.343 W3 45.000 PD3 0.119
LBG	10.588 BF	0.573 FMD	0.736 W4 60.000 PD4 0.158
GSDA	0.614 BFI	1.032 FBW	0.725 WD 10.520 PL 1.492
GLAI	0.000 BAI	1.778 FAI	0.710 PLN 1.500 SBMAX 6.572
GSDF	0.690 BA	1.530 FA	0.710 GSA 0.283 SPD 9.532
FD	1.192 SD	0.000 VNAI	0.631 RSA 50.265 SDN 7.454
CMD	1.504 Y	0.602 VNA	0.470 MAW1 0.000 MAW2 0.000
MD	1.252 GDFI	0.000 VNAI	0.000 MACB1 0.000 MACB2 0.000
OMD	1.045 DN	1.547 BNA	0.000 MACL 0.000 MACO 0.000
MLM1	0.650 DMT	2.580 PDT	1.209 PD 0.508 ESD 0.000
TWL1	2.726 TWL2	2.676 TWL3	2.658 TWL4 2.606 TWL5 2.540
EW	41.600 EWD	2.283	PRD 0.270
APH	0.337 APB	0.267 APT	0.193 PBW 0.118
CD	0.000 MCSA	0.000 CSDA	0.000 CBLDA 0.000 PHD 0.000
DMC	0.000 MCSB	0.000 CSDB	0.000 CBLDB 0.000

--ПЕР. ТР-К--		--ПРОТ--	
I	11.570 SPL	3.870 P	13.300 BL1 1.024 IC 11.570
J	3.872 SL	11.530 E	4.880 BL2 1.220 JC 3.872
LPG	5.200 SMW	6.760 BAL	0.150 BL3 1.655 PC 13.300
LPIS	0.000 HBS	0.000 BD	0.140 BL4 1.655 EC 4.880
FSP	0.000 SPS	2.900 BAS	1.215 BL5 0.000 MXSL 11.591
FJ	1.119 SFJ	0.520 HB	0.180 BLP 2.660 MXSM 6.970
FBI	0.808 ISP	11.660 MW	0.150 MBU 1.460 MXLPS 5.808
IG	11.622 TCI	0.000 BD	0.170 MBN 2.750 MXJL 12.250

-----ПЕР. ТР-К/ПРОТ-ШТРАФЫ-----БИЗАНЬ/ШТР-----ФУК/ШТР-----
LP 5.808 SL 0.000 RSAY 0.000 RSAB 0.000
RSAF 32.464 SPS 0.000 RSKA 0.000 RSAG 0.000
SAM 26.171 HBS 0.000 YSAC 0.000 RSAC 0.000
MSAM 11.489 HB 0.000
RSAM 23.895 BD 0.000 HBY 0.000 HBF 0.000
RBF 0.9130 BAS 0.000 BDY 0.000 BDF 0.000
SATC -0.171 I/P 0.000 BADI 0.000 ZADS 0.000
RSAT 56.189 BLP 0.000 I/PY 0.000 I/PSF 0.000
RSAL 31.064 BTNS 0.000 BLPY 0.000 BLFS 0.000
SPIN 45.328 MG 0.000 BTNY 0.000 BTNSF 0.000
S 7.4959
SHR 12.3629 SCF 1.0000 SCFA 0.9247 SA 7.0942
-----ПРЕДЕЛЫ-----
BL1 1.025 BL3 1.659 BLP 2.660
BL2 1.220 BL4 1.659 HB 0.195
-----РАСЧ.ЗНАЧЕНИЯ-----IIIA-----
L 10.0802 SC 7.4959 DLF 1.0000 SCA 6.5601
B 2.8100 DC -0.0795 MAF 1.0000 BLFA 0.9800
D 1.4999 FC 0.0149 LRP 1.0000 CSFA 1.0000
CBF 0.9626 CBF 1.0000 MR 8.7393 CSFA 0.9601
EPF 0.9887 SMF 1.0000 R 8.3177 MRA2 7.3665
TFP 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 N 116 В.В.ЧАЙКИН
ДАТА ОБМЕРА 28.08.98
ДАТА РАСЧЕТА 05.01.99
TOTD 1996

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

СВИДЕТЕЛЬСТВО
КРЕЙСЕРСКО-ГОНОЧНОЙ ЯХТЫ ПО ПРАВИЛАМ IOR 785

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 2845 1982

ИЗМЕРЕНИЯ : МЕТРЫ И КИЛОГРАММЫ

МАРС :
2845 :
БАЛЛ 7.50 МЕТР :
Я ПОДТВЕРЖДАЮ, ЧТО ПОНИМАЮ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, НАЛАГАЕМУЮ
ПРАВИЛАМИ IOR

КЛАСС : 1 2
ТИП И СТ. № : Л-6 N 25
КОНСТРУКТОР : А. П. КИСЕЛЕВ
СТРОИТЕЛЬ : ИВЕРЬ ВУСПС, ЛЕНИНГРА
ВООРУЖЕНИЕ : БЕРМУДСКИЙ СЛАП
КИЛЬ : ПОСТОЯННЫЙ
ВИНТ :
УСТАНОВКА :

ПОДПИСЬ /ФАМИЛИЯ/

ПЕЧАТЬ

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

П. ДАНО СПОРТСУДОРЕГИСТРОМ СССР
Спортсудорегистр СССР
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
"....." 19..... Г.
СРОК ДЕЙСТВИЯ 31.12.87
1-й месяц 1987 г.

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
ПОСТРОЙКИ 6.65

ПОЛНЫЙ ОБМЕР КОРПУСА

КОРПУС				ДАТЫ			
LDA	12.590	BMAX	2.800	FF	1.012	AN	31.700
FGO	0.857	B	2.796	FFI	0.961	Bn	62.900
AGO	1.332	BWL	2.632	FFD	0.870	CM	31.700
LHC	10.401	BF	0.543	FMD	0.770	DN	62.900
GSOA	0.486	BFI	0.994	FBM	0.761	AND	4.820
GLAI	0.000	BAI	1.782	FAI	0.750	BND	4.820
GSDF	0.665	BA	1.586	FA	0.756	CND	4.824
EDL	1.175	GD	0.000	VNAI	0.630	DND	4.824
CND	1.468	Y	1.129	VNA	0.518	MAN1	0.000
MD	1.241	GDFI	0.000	BNAI	0.000	MACG	0.000
OMO	1.025	DM	1.800	BNA	0.000	MACL	0.000
MLH1	0.660	DMT	2.550	PDT	0.000	PD	0.000
TWL1	2.710	TWL2	2.681	TWL3	2.633	TWL4	2.573
EW	0.000	END	0.000	APT	0.000	PRD	0.000
APH	0.000	APB	0.000	WCBV	0.000	PBN	0.000
CD	0.000	WCBV	0.000	CHDA	0.000	CHDB	0.000
				CBLDA	0.000	CBLDB	0.000

ПЕР. ТР-К

ГРОТ

I	11.603	SPL	3.700	P	13.350	BL1	0.805	PC	13.351
J	3.677	SL	11.556	E	5.000	BL2	0.805	IC	11.603
LPG	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	BL5	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

IY	0.000	PY	0.000	BY1	0.000	HBY	0.000	PTC	0.000
EB	0.000	EY	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	BYS	0.000			S3	0.000

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

63

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДЕТЕЛДСТРО № 2445 .002

МАРС
2045

---UNCOTH БОРТА---				---RM---		---ВИНТ И СБ---	
FFC	1.014	DMS	1.000	ARM	125.339	PF	0.000
FFS	1.012	PDS	0.000	BRM	120.582	PS	0.000
FFIS	0.961	ESDS	0.000	CRM	118.064	OF	0.000
FFUS	0.870		0.000	DRM	117.133	EMF	0.000
FBIS	0.829	HBS	0.467	RM	120.279	PRDC	0.000
FBMS	0.761	BSC	0.000	RMC	120.279	PDC	0.000
FBUS	0.770			TR	22.955	RD	1.800
FAIS	0.750	SINK	0.000	SV	-1.530		
FAO	0.756	TRIM	0.000	W	145.730		

---L/FC---		D/DC---		ПРЕДЕЛЫ---			
FDC	0.509	AGSL	3.433	FDI	0.305	BL1	0.805
AOC	0.144	APSL	4.119	FDIC	0.305	BL2	0.805
AOC	0.144	BAPSL	0.000	CMDI	0.698	BL3	0.905
AACP	0.203	APSLC	4.119	MDI	0.471	BL4	0.905
AOLG	0.085	ACG1	0.085	QMDI	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	HB	0.200
CCAI	0.000	BDR	1.001	DSPL	6092.		

--- ПЕР. ТР-К/ПРОТ ---		СТРАФ ---		БИЗАНЬ И ШТР. ---		ШХУНА И ШТР. ---	
LP	5.550	SL	0.000	RSAY	0.000	RSAB	0.000
RSAP	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		
SHR	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-СТАКСЕЛЕН; 7 СПИНАКЕРОВ; 4

МАКС. ЭКИПАЖ 9 ЧЕЛ.

A= 0.9332 B= 0.0018 C= 0.9702

ПЕРИТЕЛЪ ИЛИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ПОДПИСЬ

ДАТА РАСЧЕТА 07.05.07

ОТМЕТКИ О ПРОДЛЕНИИ СРОКА ДЕЙСТВИЯ

ДАТА ПЕРИТЕЛЪ/И, ФАМИЛИЯ/ ПОДПИСЬ ПРОДЛЕНО ДО

РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ
СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

64

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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

(Handwritten signature)



РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ
 СЕРИЙНЫХ ЯХТ КЛАССА Л-6

Лист

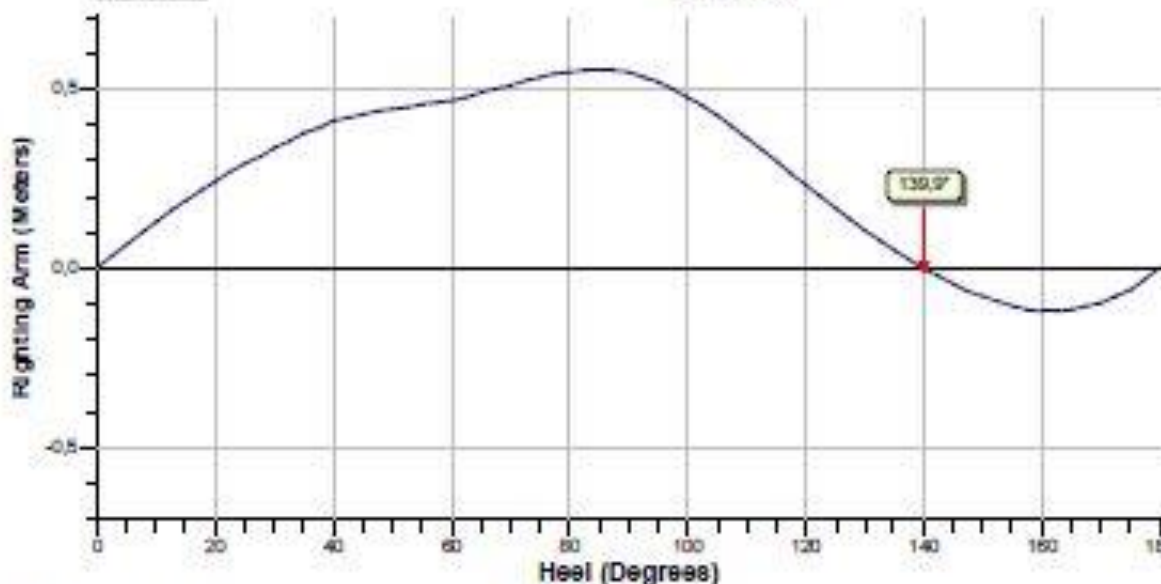
65

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



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	139,9°	Stability Curve Negative Area				3,145							BLR Index	0,0000
		Righting Arm (meters)												
		±0°	±2°	±10°	±20°	±25°	±30°	±40°	±60°	±90°	±120°	±150°	±165°	±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
		0,000												

BOAT	
Name	Lilla
Sail Number	
Class	L-6
Designer	Kiselev 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	6,551m
Draft	1,756m
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	Novokolomitskii av 11-70 197375 St-Petersburg Russia
ТЕСТ! НЕ ДЛЯ ГОНОК!	

FLOTATION (MEASUREMENT TRIM)	
Fore and Freeboard at 0,630m	1,100m
Freeboard at mast at 4,210m	0,897m
Aft Freeboard at 11,345m	0,702m
Overhang Fore and	1,800m
Overhang Aft	1,773m
Length Waterline	8,472m

HYDROSTATIC DATA		
	Trim	Sailing
Displacement	6 452kg	7 149kg
Wetted Area	25,94m²	27,14m²
Water Plane Area	14,76m²	15,62m²
Water Plane Beam	2,569m	2,611m
Longitud. Centre of Flotation	6,454m	6,550m
Longitud. Centre of Buoyancy	6,434m	6,497m
Vertical Centre of Gravity	-0,337m	-0,229m
Max. Section Area	1,48m²	1,50m²
Max. Section Area Station	6,551m	6,651m

Owner	St-Petersburg
I certify that I understand my responsibilities under ORC Rules and Regulations.	
Signature	

MOVABLE BALLAST	
Arm	Centering Keel Angle
Weight	List Angle

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

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
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	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 /Килевая яхта Л-6/ от 25.01.1963, МТ:10
Метод: интегрирование площадей ватерлинии по осадке методом трапеций
Размеры яхты с теоретического чертежа в мм

№ ВЛ	Δх, мм	Теоретические спангоуты и попурироты ватерлиний, мм																гор. спанция										верт. спанция										18 мм	уд. вес воды					1,0 т/м³	Δх, мм	S, м²	D, т	L, м	T, м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		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	-0.5	-1	Δх, мм	S, м²	D, т	L, м	T, м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
XII	13	-44	-59	-76	-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	15	30	45	60	73.5	86	106.92	12.992	10.69	2.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
XI	24	0	0	69	88	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	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114	103	90.5	77	63.5	49	34	18	0	0	18	34	49	63.5	77	90.5	103	114	122.5	129	134	136	136	134	129	122.5	114