

качки станет возможным без повышения металлоемкости всей конструкции, связанной с увеличением высоты водонепроницаемого комингса.

Расчетные и экспериментальные исследования качки блок-понтонных дают основания для корректировки отдельных положений Правил Речного Регистра РСФСР.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. ДЫНЕНКОВ В.Ф., КУЗНЕЦОВ А.М. Наплавные береговые системы морских нефтегазовых месторождений// Гидротехнические сооружения: Сб. науч. тр./ ДПИ. Владивосток. 1985. С.104-114.
2. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания: Речной Регистр РСФСР. Т.3. М.: Транспорт, 1984.
3. Правила классификации и постройки морских судов: Морской Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985.
4. БОРИСОВ Р.В., ГОЛИМБОВСКАЯ О.Р., ДМИТРИЕВА И.Н., МОЛОДОЖНИКОВ А.Б. Комплекс программ для расчета на ЭВМ качки различных надводных технических средств изучения и освоения Мирового океана// Плавающие и стационарные технические средства освоения морских месторождений нефти и газа: Сб. науч. тр./ВНИИморгео. Рига. 1987. С.22-24.

УДК 629.12.073.243.4

В.В.ЛАВРОВСКИЙ, В.К.ТРУНИН

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА БОРТОВОЙ КАЧКИ ЯХТ

Одной из особенностей яхт как специального класса судов является возможность их постоянной эксплуатации в условиях заволнованной поверхности моря. Это обусловлено тем, что яхты для своего движения используют ветер - важнейший волнообразующий фактор. При движении на волнении на корпуса яхт действуют гидродинамические нагрузки, приводящие к появлению дополнительного сопротивления и качки, что отрицательно сказывается на мореходных и эксплуатационных качествах: теряет-

ся скорость хода, ухудшаются управляемость и самочувствие экипажа. Практика эксплуатации яхт показывает, что около половины времени гонки приходится на лавировку, т.е. как раз на те режимы, где качка проявляется достаточно сильно. При особо неблагоприятных условиях она приводит к заливанию палубы, аэрации плавника и руля, а иногда и к опрокидыванию яхт. Хотя последние обладают высокой остойчивостью, тем не менее, из-за высокой частоты свободных колебаний они попадают в режимы, близкие к псевдорезонансу на волнении силой 3-5 баллов. Поскольку надводный борт яхт мал, амплитуды качки могут быть такими, что на палубу будут попадать значительные массы воды и остойчивость будет снижаться. В связи с этим вопросы мореходности и оценки безопасности плавания яхт приобретают большое значение, в первую очередь это касается определения характеристик бортовой качки.

Особенности формы корпуса и нагрузки оказывают существенное влияние на гидродинамические характеристики качки судна: присоединенный момент инерции и коэффициент демпфирования. Для бортовой качки эти характеристики имеют в основном вязкостную природу и определяются по результатам модельных экспериментов или по аппроксимирующим формулам и номограммам, построенным на базе серийных испытаний для судов определенного класса [1].

Для парусных яхт подобного рода серийных модельных экспериментов не проводилось, однако вследствие малости их размеров имеется возможность экспериментальной оценки гидродинамических характеристик бортовой качки натурных судов. В.В.Лавровским под руководством доцента Б.В.Мирохина были проведены испытания двух яхт четвертьтонного класса (шестой группы IOR "Дофур-24" - "Укор" и "Петерсон-25" - "Квартет"). Испытания включали в себя кренование яхт с целью определения начальной метацентрической высоты и затухающие колебания на тихой воде для определения инерционного коэффициента и коэффициента демпфирования. В ЛКИ была спроектирована яхта под условным названием "Проект", которая прошла модельные испытания в опытовом бассейне ЛКИ, ее теоретический чертеж приведен на рис.1. Данные по всем трем испытанным яхтам, приведенным к однотонному классу, представлены в табл.1.

Для спроектированной яхты, как это видно из приведенных

Таблица I

Главные размеры яхт

Величина	Обозначение	Размерность	Числовое значение		
			"Укор"	"Квартет"	"Проект"
Длина по ватерлинии	L	м	8,73	8,76	9,60
Ширина по ватерлинии	B	м	3,06	3,17	2,80
Осадка корпусом	T	м	0,51	0,52	0,60
Водоизмещение	D	т	5,60	5,80	6,30
Площадь руля и плавника	S_K	м ²	3,43	3,88	3,34
Поперечная метacentрическая высота	h_0	м	3,14	2,21	0,92

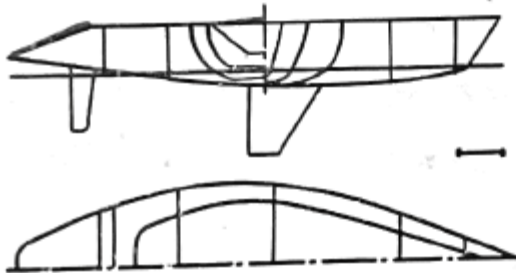


Рис. I. Теоретический чертёж яхты "Проект"

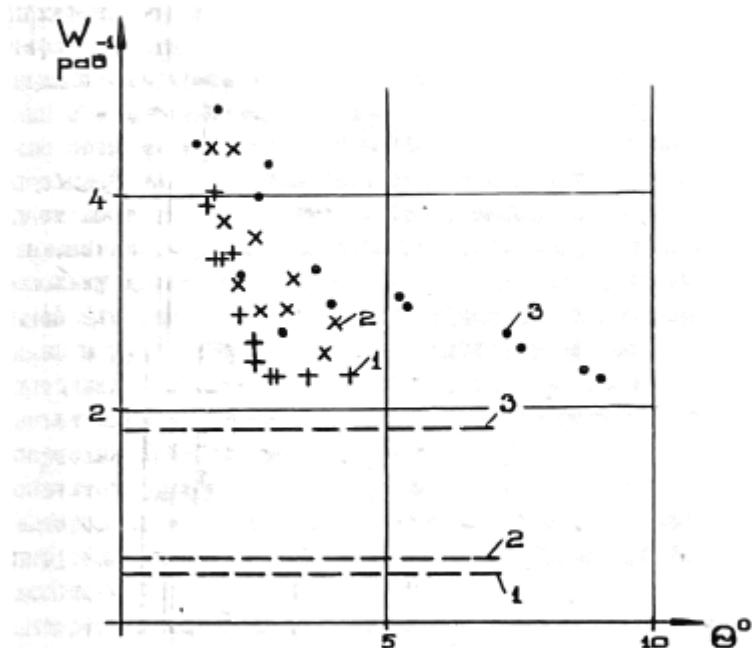
материалов, характерны большее удлинение корпуса и меньшее значение поперечной метacentрической высоты. Некоторые результаты оценки гидродинамических характеристик бортовой качки приведены в табл. 2 и на рис. 2. Момент инерции массы J_x .

присоединенный момент μ_0 , инерционный коэффициент C_f и коэффициент демпфирования при квадратичном законе сопротивления W_f определялись по приближенным формулам и графикам [2], [3]. Влияние плавника и руля на гидродинамические характеристики учитывалось по приближенным методикам, рекомендуемым для скуловых килей [2]. Причем чем выше остойчивость яхты, тем больше расхождение между расчетными и экспериментальными данными. Если для первых двух яхт это расхождение очень велико, то для яхты "Проект" его же можно получить приближенную оценку гидродинамических характеристик расчетным путем. Представляет интерес тот факт, что на величину инер-

Таблица 2

Гидродинамические характеристики бортовой качки

Название яхты	Период свободных бортовых колебаний T_{θ} , с		Инерционный коэффициент C_f , с·м ^{-1/2} (эксперимент)	
	Расчет			Экспери- мент
	$T_{\theta} = 2\pi \sqrt{\frac{J_x + \mu_{\theta}}{Dh_{\theta}}}$	$T_{\theta} = \frac{C_f B}{\sqrt{h_{\theta}}}$		
"Ужор"	1,68	1,50	3,23	1,87
"Квартет"	3,07	2,52	3,97	1,86
"Проект"	4,26	3,77	5,37	1,84

Рис. 2. Коэффициент демпфирования: 1 - яхта "Укор";
2 - яхта "Квартет"; 3 - яхта "Проект"

ционного коэффициента изменение остойчивости влияет слабо, и можно рекомендовать его среднее значение $C_f = 1,86 \text{ с·м}^{-1/2}$. Это в 2-2,5 раза больше, чем для судов традиционных типов. Аналогичные выводы могут быть сделаны и в отношении коэффициента демпфирования. Его значения для рассмотренных яхт

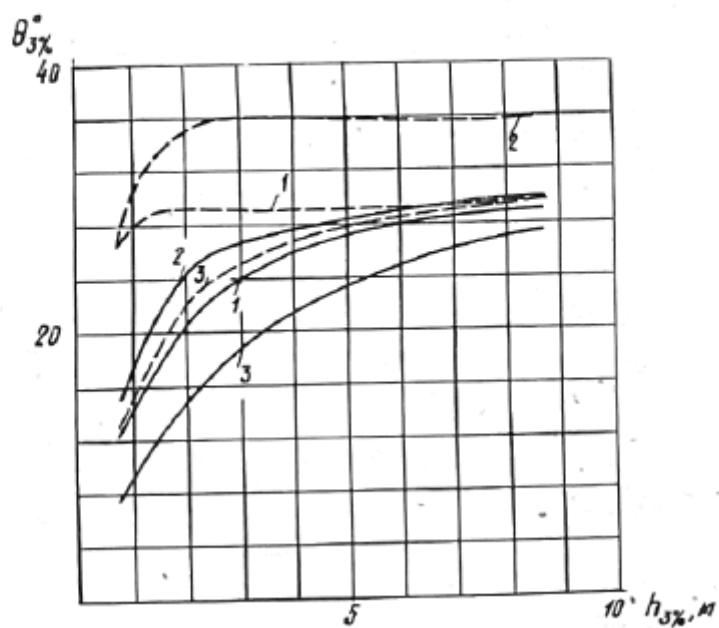


Рис.3. Амплитуды бортовой качки

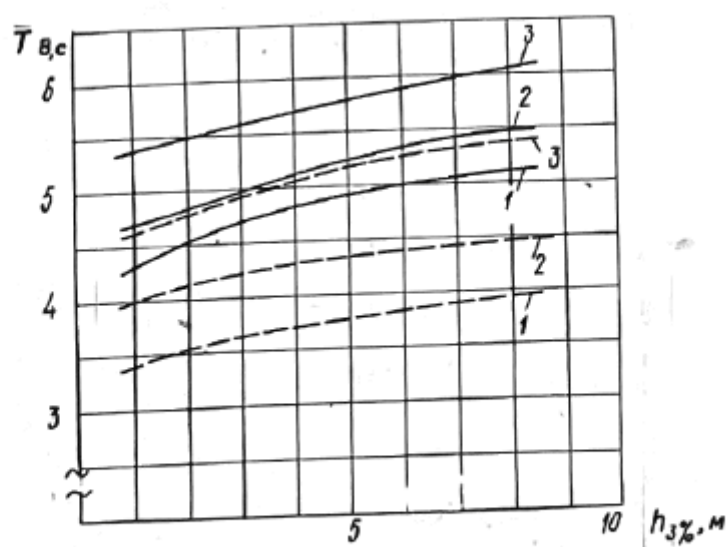


Рис.4. Периоды бортовой качки

также меняются мало и при углах крена $\Theta = 3...4^\circ$ могут быть приняты в пределах $W = 2,2...2,6$.

Оценка кинематических характеристик бортовой качки яхт проводилась для наиболее опасного положения без хода лагом к набегающим нерегулярным волнам. Расчет выполнялся традиционным спектральным способом [2], при этом частота максимума спектральной плотности волновых ординат выбиралась из условия близости к частоте свободных бортовых колебаний из диапазона частот, характерного для ветрового волнения [4]. Результаты приведены на рис. 3, 4 в виде зависимостей амплитуд с обеспеченностью 3% $\Theta_{3\%}$ и средних периодов T_Θ бортовой качки от высот волн 3%-ной обеспеченности $H_{3\%}$, характеризующих интенсивность волнения по шкале ГУМС. Пунктиром показаны результаты, полученные для гидродинамических характеристик, взятых по данным расчета, а сплошными линиями — данные эксперимента (кривые 1 соответствуют яхте "Укор", кривые 2 — яхте "Квартет", кривые 3 — яхте "Проект"). Видно, что попытка использовать существующие приближенные методы оценки гидродинамических характеристик для парусных яхт не дает достоверных результатов. Она приводит к существенному завышению амплитуд и занижению периодов бортовой качки. Поскольку в балансе гидродинамических сил, действующих на корпус яхт, значительную роль играют силы, возникающие на плавнике и руле, а форма последних меняется в весьма широких пределах, по-видимому, единственным рациональным решением может служить экспериментальная оценка периода свободных бортовых колебаний и коэффициента демпфирования натуральных объектов. Методика подобной оценки, изложенная в [5], ориентирована на случай сильного демпфирования, характерный для парусных яхт. Такого рода испытания позволяют избежать масштабного эффекта и, помимо прочего, в будущем могли бы дать интересный материал для оценки дополнительного демпфирования бортовой качки за счет парусного вооружения.

Сравнительный анализ кинематических характеристик бортовой качки трех рассмотренных яхт показывает, что наилучшими мореходными качествами обладает яхта "Проект" как с позиции безопасности плавания (при волнении до 6 баллов $\Theta_{3\%} \leq 25^\circ$), так и с позиции обитаемости (ее период на 10-20% больше, чем первых двух. Следует также ожидать, что большее удли-

нение корпуса приведет и к улучшению ходовых качеств, в частности, к снижению дополнительного сопротивления при движении на волнении.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. ЛУГОВСКИЙ В.В. Методы определения гидродинамических характеристик бортовой качки: Учеб. пособие. Л.: Изд. ЛКИ, 1981.
2. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ С.Н., ХОЛОДИЛИН А.Н. Бортовая качка судна на волнении: Учеб. пособие. Л.: Изд. ЛКИ, 1983.
3. БАСИН А.М., АНЧИМОВ В.Н. Гидродинамика судна. Л.: Транспорт, 1961.
4. KNOLODILIN A.N., TROUNIN V.K., OUSNAKOV B.N. Some Aspects of Seakeeping for Small Ships// STAB'86. Gdansk. 1986. Vol. II. P.123-128.
5. ТРУНИН В.К. Экспериментальная оценка гидродинамических характеристик качки при сильном демпфировании/ Матер. по обмену опытом НТО им. акад. А.Н. Крылова. Л.: Судостроение, 1986. Вып. 432. С. 4-14.

УДК 629.12:532.5

В.В. ЛУГОВСКИЙ, А.Д. КРАСНИЦКИЙ,
К.В. ПОЛУЖИН, А.А. БАЯНДУРОВ,
С.А. ТКЕБУЧАВА, А.И. УТКИН

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДОЛЬНОЙ И БОРТОВОЙ КАЧКИ СЕРИИ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОБОРТНЫХ МОРСКИХ СУДОВ

Для достоверной оценки мореходности судов в штормовых условиях плавания необходимо знать гидродинамические характеристики качки: присоединенные массы и коэффициенты демпфирования. Надежным и удобным средством их определения является использование результатов серийных модельных испытаний. В опытовом бассейне ЛКИ была испытана серия из четырех моделей высокобортных морских судов (отношение высоты борта к осадке порядка 2,6-2,8), имеющих значительные удлинение корпуса и развал шпангоутов в надводной части. Ранее серийные модель-