



# Катамаран в русле больших скоростей



Мария ЛЕБЕДЕВА

Maria N. LEBEDEVA

**Catamaran in High Speed Context**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 44)

**Разработка скоростного катамаранного судна большой грузоемкости с минимальной экологической волновой нагрузкой на русло реки для работы в логистической цепи совместно с автомобильным транспортом. В статье приведены условия проведения модельного эксперимента по сравнению корабельных волн от речных грузовых судов различных типов. Представлены результаты замеров и пересчёта на натуре параметров исследованных волн.**

*Ключевые слова:* водный транспорт, катамаран, река, нагрузка на русло, логистика, совместимость с автоперевозками.

*Лебедева Мария Николаевна – аспирант Волжского государственного университета водного транспорта, Нижний Новгород, Россия.*

**П**еревозка таких высокотарифицированных грузов, как контейнеры и полуприцепы, а также организация смешанных автомобильно-водных перевозок генеральных грузов на внутренних водных путях требуют движения грузовых судов со скоростью 30 км/ч и выше для обеспечения транзитной скорости с учетом автоперевозок не менее 1500 км/сут. Это обусловлено высокой стоимостью груза и как следствие большой степенью роста конечной цены товара с учетом издержек на транспортировку. Однако сейчас почти все самоходные грузовые речные суда и суда смешанного плавания имеют скорость около 20 км/ч, что недостаточно для экономически эффективной организации перевозок [1].

## ВОЛНЫ ДАВЯТ, ТОЛКАЮТ, ТОРМОЗЯТ

Перемещение речных кораблей с высокими скоростями сопровождается значительным волнообразованием, что приводит к увеличению сопротивления движению судна, а также к негативному экологическому воздействию на внутренние водные пути. В связи с этим напрашивается задача добиться высокой скорости для больше-

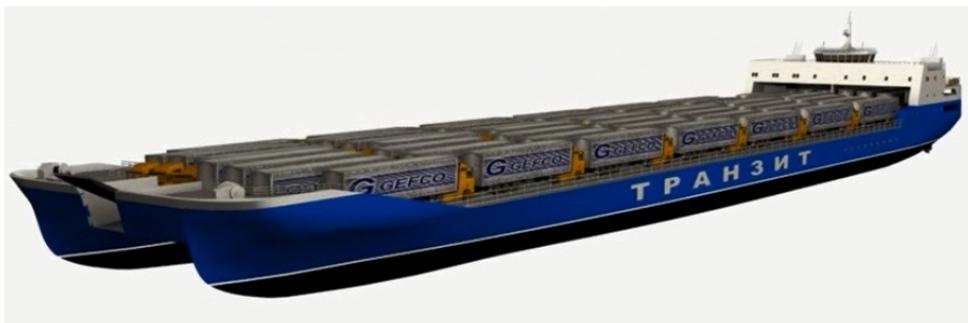


Рис. 1. Большегрузный накатной катамаран.

Таблица 1

Проекты и характеристики испытываемых судов

№	Проект, тип судна	Длина по расчётную ватерлинию L, м	Ширина по расчётную ватерлинию (одного корпуса) В, м	L/B	Осадка по расчётную ватерлинию Т, м	Коэффициент полноты водоизмещения d	Водоизмещение судна D, т
1	пр. 33750	103,5	15,4	6,68	3,6	0,831	4770
2	пр. 507	103,75	16,5	6,28	3,5	0,845	5060
3	пр. 558	135	16,5	8,18	3,52	0,845	6460
4	пр. 1743	105	14,8	7,09	2,5	0,831	3230
5	Катамаран типа «Транзит»	150	28,0 (10)	5,36 (15)	2,8	0,630	5300

грузных накатных судов (рис. 1) с условием, чтобы они могли перевозить генеральные грузы (в логистической цепи с автомобильным транспортом) при допустимом уровне волнообразования.

Критерием допустимой скорости большегрузных накатных судов целесообразно выбрать такую практически достижимую и экономически обоснованную скорость, при которой их волнообразование не будет превышать волнообразование от эксплуатирующихся в настоящее время судов.

Известно [2], что суда катамаранного типа характеризуются более низким волнообразованием по сравнению с однокорпусными судами близкой грузоподъёмности из-за большой относительной длины L/B и меньшей полноты корпуса.

При рассмотрении судов с близким водоизмещением одиночный корпус катамарана окажется более «тонким телом» по сравнению с однокорпусным судном и соответственно при равной скорости движения будет генерировать волны меньшей высоты. Логично предположить, что ката-

мараны обладают так называемым «экологическим резервом», который заключается в том, что они могут иметь большую скорость по сравнению с однокорпусными судами близкой грузоподъёмности (или большую грузоподъёмность) при одинаковом (допустимом) волнообразовании.

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для сравнительной оценки волнообразования при движении грузовых судов были проведены буксировочные испытания их моделей и замеры высоты волн, возникающих при наличии различных скоростей. Исследования выполнялись в опытовом бассейне ВГУВТ с размерами 35x4x1,5 м при уровне воды 1,1 м на гравитационной буксировочной системе. Характеристики судов, для которых были изготовлены модели, приведены в таблице 1.

Для испытаний использовались параметрические буксируемые модели, выполненные в масштабе 1:50 для однокорпусных судов (рис. 2) и 1:75 для двухкорпусного



Основные характеристики испытываемых моделей

№	Модель проекта судна		Водоизмещение модели, $D_m$ , кг	Длина модели, $L_m$ , м	Ширина модели (одного корпуса), $B_m$	$L_m / B_m$	Осадка модели, $T_m$ , м	Масштаб, $I$
1	Однокорпусные суда	пр. 33750	38,16	2,070	0,31	6,68	0,072	1:50
2		пр. 507	40,48	2,075	0,330	6,28	0,070	1:50
3		пр. 558	51,68	2,70	0,330	8,18	0,071	1:50
4		пр. 1743	25,84	2,10	0,296	7,09	0,05	1:50
5	Двухкорпусное судно типа «Транзит»		12,56	2,00	0,373 (0,133)	5,36 (15)	0,037	1:75

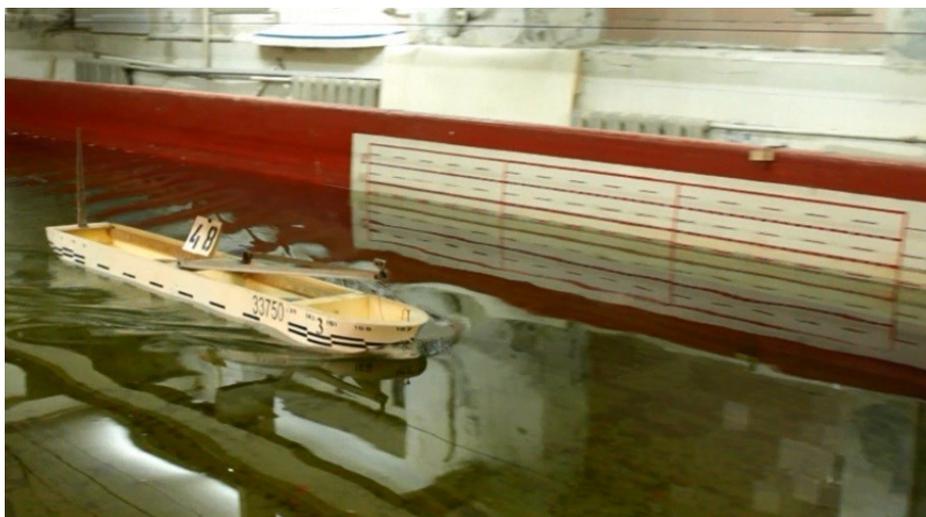


Рис. 2. Испытание однокорпусной модели.

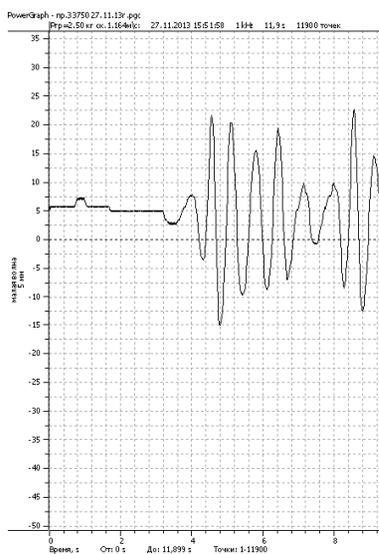


Рис. 3. Испытание модели катамарана.

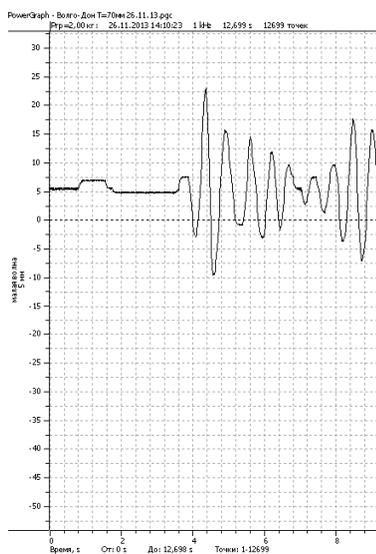
судна (рис. 3). Они были сделаны из дерева и пенопласта с последующей шпаклёвкой и окраской.

Для каждой модели по результатам взвешивания определялся вес груза, необ-

ходимый для обеспечения проектного водоизмещения. При спуске моделей на воду производилась их посадка на ровный киль. Основные характеристики испытываемых объектов приведены в таблице 2.



а)



б)

**Рис. 4. Результаты замеров высот волн для моделей однокорпусных судов пр. 33750 и 570:**  
**4а) При буксировочном грузе  $P_{гр} = 2,50$  кг. Датчик в 83 см от стенки бассейна.**  
**Скорость натурального судна  $V_{нат} = 29,63$  км/ч.**  
**4б) При буксировочном грузе  $P_{гр} = 2,00$  кг. Датчик в 83 см от стенки бассейна.**  
**Скорость натурального судна  $V_{нат} = 30,52$  км/ч.**

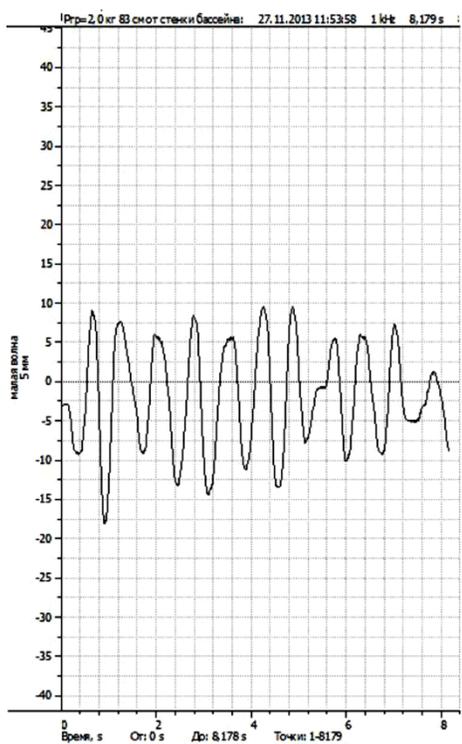
Во время испытаний фиксировались: скорость и буксировочное сопротивление модели, высоты волн, вызванных движением модели.

Высоты волн измерялись поплавковым волнографом резисторного типа. После преобразования сигнала с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) выполнялась его обработка программой PowerGraf в виде записи в реальном времени высот волн, измеряемых в точке установки поплавка.

Буксировка осуществлялась при условии прохождения ДП моделей на расстоянии 1,87 м от стенки бассейна. Поплавок волнографа располагался в 0,83 м от стенки, выбор сделан из условия замеров высот волн на границе волнового сектора без учёта волны, отражённой от стенки бассейна.

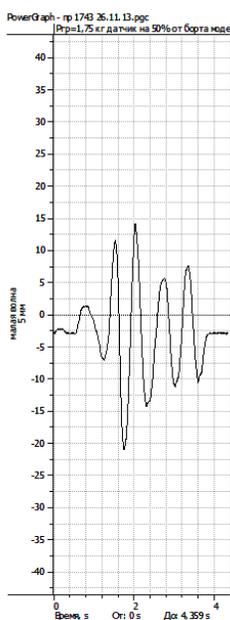
Замеры высот волн производились в диапазоне скоростей натуральных однокорпусных судов 17–31 км/ч и 23–36 км/ч для двухкорпусного судна.

Для каждой модели при ее скорости, соответствующей 30 км/ч скорости натурального судна, высота волны замерялась в двух дополнительных точках: на расстоянии 140 см от стенки бассейна, что составляет

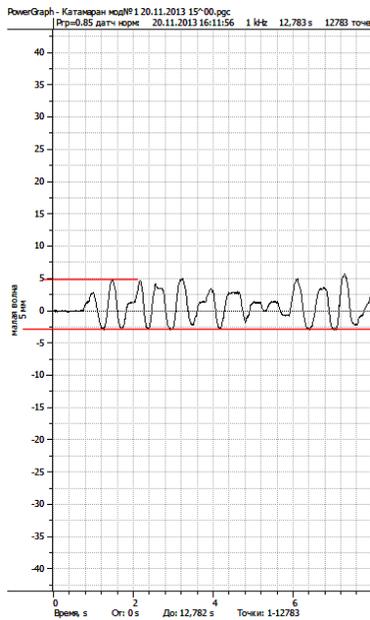


**Рис. 5. Результаты замеров высот волн для модели однокорпусного судна пр. 558 при буксировочном грузе  $P_{гр} = 2,00$  кг. Датчик в 83 см от стенки бассейна. Скорость натурального судна  $V_{нат} = 31,79$  км/ч.**



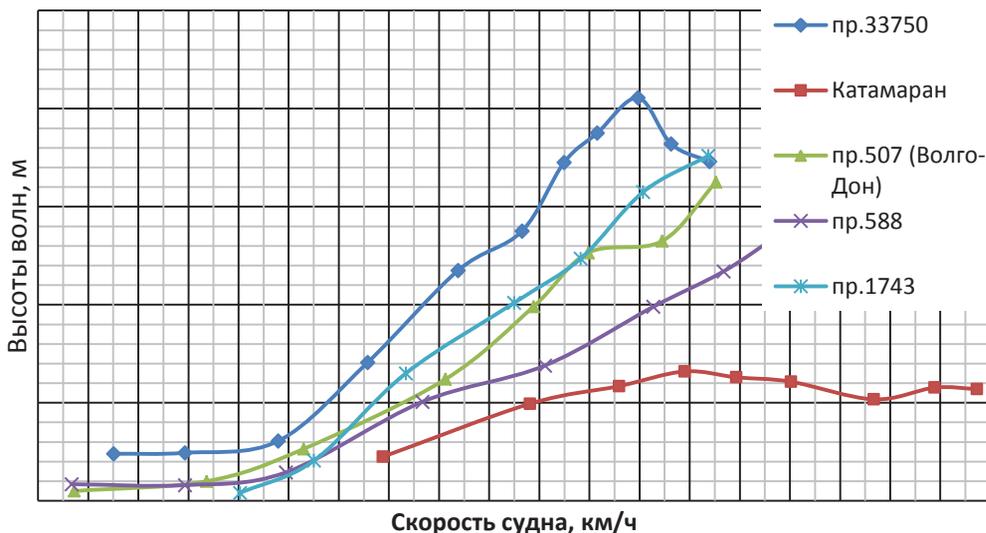


а)



б)

**Рис. 6. Результаты замеров высот волн для моделей однокорпусного судна пр. 1743 и катамарана:**  
 б а) При буксировочном грузе  $P_{гр} = 1,75$  кг. Датчик на 83 см от стенки бассейна. Скорость натурального судна  $V_{нат} = 30,37$  км/ч.  
 б б) При буксировочном грузе  $P_{гр} = 0,85$  кг. Датчик на 83 см от стенки бассейна. Скорость натурального судна  $V_{нат} = 35,73$  км/ч.



**Рис. 7. Графики зависимости высот корабельных волн от скорости судов.**

примерно 25% расстояния от борта судна до стенки бассейна, и на расстоянии 46 см, что равносильно 75% расстояния от борта до стенки.

Пересчёт высот волн производился исходя из геометрического подобия моделей и натурального судна. Скорости пересчитывались на основании гипотезы Фруда

о равенстве коэффициентов остаточного сопротивления модели и натурального судна при равных числах Фруда по длине.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На рис. 4–6 представлены результаты по замерам высот волн для моделей судов при максимальной скорости. Данные со-

ответствуют результатам, полученным при расположении датчика волны на расстоянии 0,83 м от стенки бассейна.

Кривые зависимости высот корабельных волн от скорости судов приведены в пересчёте на натуру (рис. 7).

Из графиков видно, что высота волн от катамарана на скорости 30 км/ч в 1,7–3,1 раза меньше, чем от однокорпусных судов. При этом следует отметить, что однокорпусные речные грузовые суда не эксплуатируются с указанной скоростью из-за отсутствия технической возможности или экономической неэффективности. С максимальной высотой волны катамарана сопоставимы высоты волн от однокорпусных судов, движущихся при значительно меньших скоростях. Результаты эксперимента подтвердили предположение об экологическом резерве катамаранных судов по сравнению с типовыми однокорпусными, эксплуатирующимися на речных водных путях.

При эксперименте использовалась модель с характеристиками, близкими к данным проектируемого катамарана «Транзит». Модель имеет обводы, отличающиеся от обводов эскизного проекта судна. При рассмотрении максимального значения кривой высот корабельных волн катамарана, приходящегося на скорость именно в 30 км/ч, есть основание предположить, что оно может быть снижено отработкой обводов погруженной части корпусов судна, и максимум кривой тоже может быть сдвинут. Для этой цели необходимо проведение полномерных буксировочных испытаний модели проектируемого катамарана.

В соответствии с известной методикой пересчёта результатов буксировочных испытаний моделей судов на натуру произведён расчёт значений сопротивления воды движению судов и буксировочной

мощности при различных скоростях движения.

Для судна-катамарана типа «Транзит» при его расчётной скорости 29 км/ч было получено значение буксировочной мощности 3,4 МВт. С учётом того, что буксировочная мощность всегда меньше суммарной мощности выбранных двигателей судна, этот результат достаточно хорошо согласуется с расчётами ходкости катамарана, выполненными по методике Алферьева–Мадорского, представленными в работах [3, 4]. В них при к.п.д. гребных винтов фиксированного шага, работающих в условиях ограниченной осадки, количество и мощность главных двигателей с реверсными редукторами была рассчитана и принята на уровне 2х2000 кВт.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Н. А., Костров В. Н., Этин В. Л., Митрошин С. Г. Развитие речного транспорта в XXI веке – новые технологии // Вестник транспорта Поволжья. – 2008. – № 4. – С. 56–62.
2. Этин В. Л., Лукина Е. А., Митрошин С. Г., Сироткин Е. М. Результаты сравнения параметров корабельных волн от судов различных типов с помощью модельных испытаний // Труды 16-го междунар. научно-промышленного форума «Великие реки-2014». – Том 1. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2014. – С. 330.
3. Этин В. Л., Лукина Е. А., Милавин С. А. Проектирование речных скоростных грузовых накатных судов катамаранного типа // 12-й междунар. научно-промышленный форум «Великие реки-2010»: Труды конгресса. – Т. 2. – Н. Новгород: НГАСУ, 2011. – С. 37–44.
4. Лукина Е. А., Митрошин С. Г., Битков Д. А. Обоснование применения накатного судна для паромно-транспортных грузовых перевозок в Волжско-Камском бассейне // Вестник ВГАВТ. – 2009. – Вып. 28. – С. 56–62.
5. Минеев В. И., Митрошин С. Г., Ефремов Н. А., Костров В. Н., Этин В. Л. Инновационные технологии – основа развития речного транспорта в XXI веке // Речной транспорт (XXI век). – 2009. – № 6. – С. 34.
6. Костров В. Н., Телегин А. И., Митрошин С. Г. Моделирование и продвижение новых технологий в паромно-транспортной логистической системе // Вестник ВГАВТ. – 2008. – Вып. 24. – С. 132–136. ●

Координаты автора: **Лебедева М. Н.** – leb.m.n@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.12.2015, принята к публикации 12.02.2016.

**Работа, лежащая в основе данной статьи, заняла первое место в прошедшем в МИИТ финале Всероссийского форума 2015 года «Молодые учёные транспортной отрасли», организованного Министерством транспорта Российской Федерации, в номинации «Развитие единого транспортного пространства Российской Федерации: организационно-правовые и экономические вопросы». Исследование проведено под руководством д.т.н, профессора В. Л. Этина и при поддержке начальника УНИИД, к.т.н. С. Г. Митрошина.**

