

№ п/п	Наименование этапа	Номенклатура работ при выполнении этапа «вручную»	Время, ч	Номенклатура работ при выполнении этапа с применением ПП «Электронный паспорт флота»	Время, ч
	документации. Составление графиков ремонтов	Разработка производственного графика ремонтных работ вручную	8	В автоматизированном режиме с применением модуля «Графики работ»	1
Итого, часов		86		11	

Из таблицы видно, что применение предложенного программного продукта позволяет в значительной мере сократить сроки проведения технологической подготовки производства. Кроме того, благодаря автоматизации многих процессов работы технолога, удастся избежать ошибок, обусловленных человеческим фактором. Следует отметить, что программный продукт «Электронный паспорт флота» служит не только для автоматизации технологической подготовки производства, но и для систематизации технического и эксплуатационного документооборота в целом, а также и для прогнозирования затрат на ремонтные работы, текущего обеспечения судов снабжением и т.д. Особый интерес программный продукт «Электронный паспорт флота» представляет для специалистов РЭБ флота, которые, помимо технической и бухгалтерской, вынуждены вести оборот эксплуатационной документации и отслеживать техническое состояние закрепленного за ними флота.

#### Список литературы:

- [1] Анализ состояния аварийности на морском и речном транспорте с судами, плавающими под государственным флагом Российской Федерации, принятых к учёту (за 2011 г.). Интернет: [[http://www.rostransnadzor.ru/sea/supervising/safety/accident/detail\\_news.php?ID=5058](http://www.rostransnadzor.ru/sea/supervising/safety/accident/detail_news.php?ID=5058)].
- [2] Кулик Ю.Г. Технология судостроения и судоремонта. Учебник для институтов водного транспорта / Ю.Г. Кулик, Ю.В. Сумеркин. – М.: Транспорт, 1988. – 352 с.

*Н.Г. Зябко*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### АНАЛИЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВОЛНОВОГО ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ Т/Х «КАПИТАН ЮРОВ»

По договоренности с ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» в октябре 2012 г. на сухогрузном т/х проекта RSD44 «Капитан Юров» был установлен опытный образец комплексной автоматизированной системы регистрации параметров поведения корпуса судна на волнении. Проверка работоспособности системы показала хорошее совпадение параметров волнения, полученных используемым в системе бесконтактным (ультразвуковой датчик) и существующим контактным способом (волномерный буй) [1]. При своем функционировании комплексная система фиксирует, сохраняет и обрабатывает данные с измерительных модулей и регистрирует следующие параметры: напряжения в связях корпуса, высоту волны, углы крена и дифферента, амплитуды бортовой и килевой качек, вертикальное ускорение (перегрузки) носовой оконечности.

Выполнен анализ напряжений, вызванных наиболее интенсивным за время эксперимента волнением, которое наблюдалось при переходе по Ладожскому и Онежскому

озерам. Записи волнения и напряжений в комингсе в районе миделя показаны на рисунках 1-4. На момент снятия показаний судно находилось в полном грузу и имело посадку на ровный киль. Запись волнения не очень стабильна, так как при движении судна волна захлестывала палубу бака, где был установлен ультразвуковой датчик. Это привело к ряду некорректных показаний, влияние которых было нейтрализовано с помощью коррекции алгоритма обработки волновых процессов, описанной в статье [2] автора, помещенной в настоящем сборнике.

В таблице 1 выполнено сопоставление экспериментальных и теоретических значений составляющих дополнительного волнового изгибающего момента, соответствующего высотам волн 3% обеспеченности. Запись 1 соответствует переходу по Ладожскому озеру, а запись 2 переходу по Онежскому озеру.

Дополнительный волновой изгибающий момент на миделе судна определяется в соответствии с действующими Правилами Российского Речного Регистра по формуле [3]:

$$M_{ДВ} = \pm(k_p M_e + M_y), \quad (1)$$

где  $k_p$  – коэффициент, учитывающий влияние волновой вибрации;

$M_e$  – волновой изгибающий момент;

$M_y$  – ударный изгибающий момент.

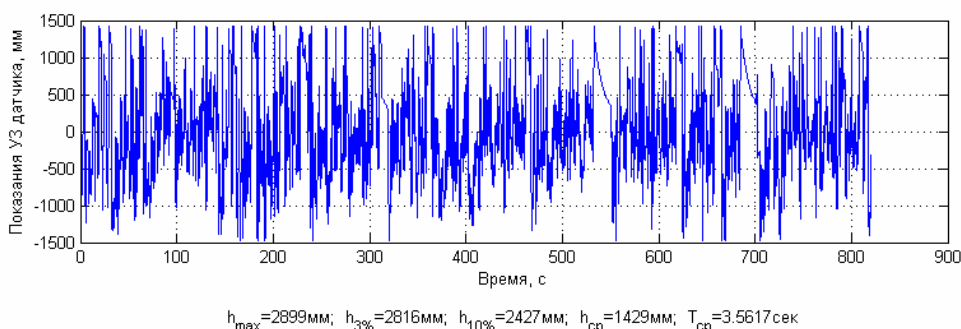


Рис. 1. Запись волнения, полученная при переходе по Ладожскому озеру

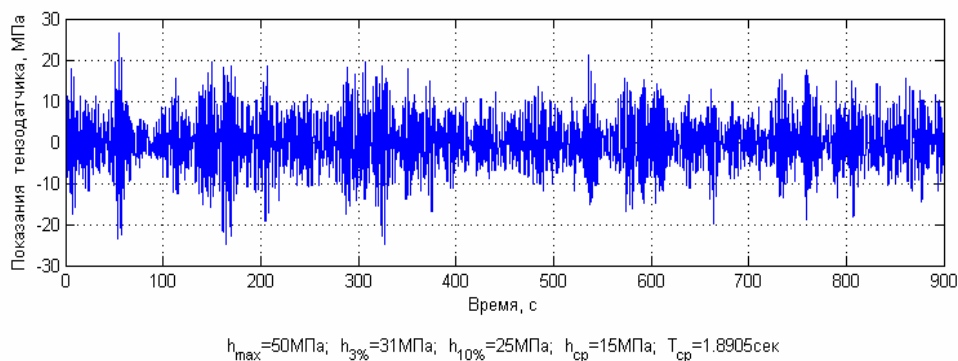


Рис. 2. Запись напряжений в комингсе т/х «Капитан Юров», полученная при переходе по Ладожскому озеру

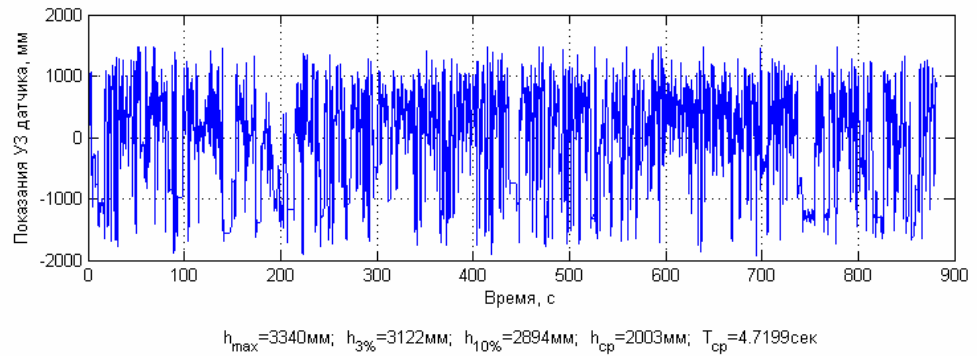


Рис. 3. Запись волнения, полученная при переходе по Онежскому озеру

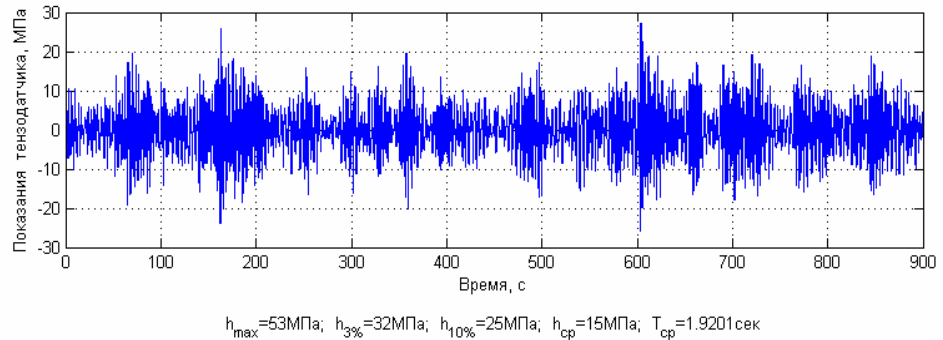


Рис. 4. Запись напряжений в комингсе т/х «Капитан Юров», полученная при переходе по Онежскому озеру

Теоретическое значение составляющих дополнительного волнового изгибающего момента определено в соответствии с действующими Правилами Российского Речного Регистра для судна, эксплуатирующегося в бассейне разряда «О» (Ладожское и Онежское озера) [3].

Экспериментальное значение составляющих дополнительного волнового изгибающего момента определяется по формуле:

$$M_{ДВ}^{\text{Э}} = 10^3 \cdot \frac{\sigma_{ДВ} \cdot I}{z_{\kappa}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{ДВ}$  – нормальные напряжения от действия составляющих дополнительного волнового изгибающего момента, МПа;

$I = 4,838 \text{ м}^4$  – момент инерции эквивалентного бруса [4];

$z_{\kappa} = 3,866 \text{ м}$  – расстояние от нейтральной оси до места установки тензодатчика на комингсе.

Амплитудные спектры записей напряжений 1 (рис. 2) и 2 (рис. 4) показаны соответственно на рисунках 5 и 6.

Таблица 1

Сопоставление экспериментальных и теоретических значений  
дополнительного волнового изгибающего момента

Номер записи	Высота волны $h_{3\%}$ , м	Дополнительный волновой изгибающий момент								$\frac{M_{ДВ}^Э}{M_{ДВ}^Т}$	$\frac{k_p^Э}{k_p^Т}$
		Экспериментальный				Теоретический					
		$M_{ДВ}^Э$ , кНм	$M_{В}^Э$ , кНм	$k_p^Э$	$M_{У}^Э$ , кНм	$M_{ДВ}^Т$ , кНм	$M_{В}^Т$ , кНм	$k_p^Т$	$M_{У}^Т$ , кНм		
1	2,82	19397	10637	1,82	0	32240	25570	1,26	0	0,60	1,44
2	3,12	20023	10637	1,88	0					0,62	1,49

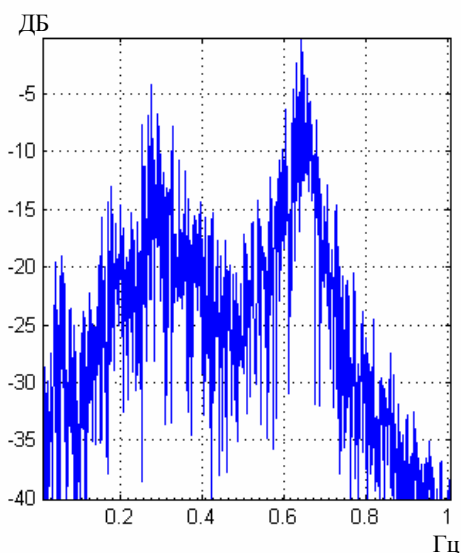


Рис. 5. Амплитудный спектр записи напряжений 1

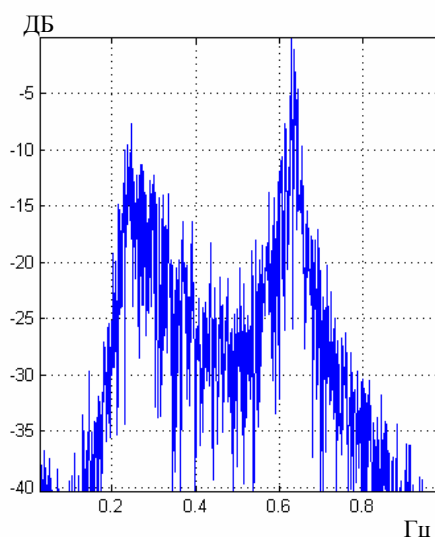
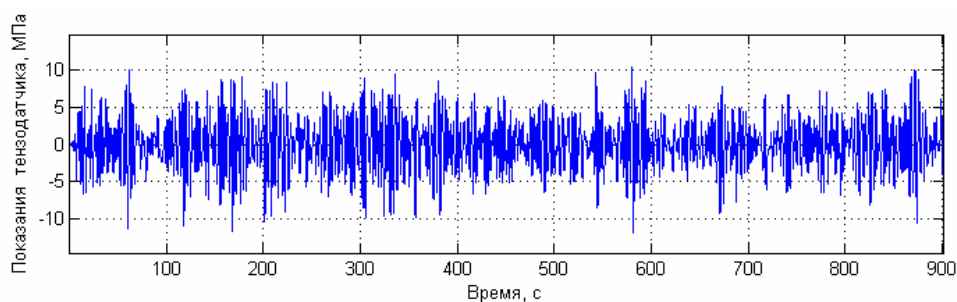


Рис. 6. Амплитудный спектр записи напряжений 2

На рисунках 7–12 показаны низкочастотные и высокочастотные составляющие записей напряжений 1 и 2, а также сводные графики в районе максимальных значений напряжений. На сводном графике синим цветом показаны суммарные напряжения, зеленым – низкочастотная составляющая, красным – высокочастотная составляющая.



$h_{max}=22$ МПа;  $h_{3\%}=17$ МПа;  $h_{10\%}=14$ МПа;  $h_{cp}=8$ МПа;  $T_{cp}=3.3406$ сек

Рис. 7. Низкочастотная составляющая записи напряжений 1

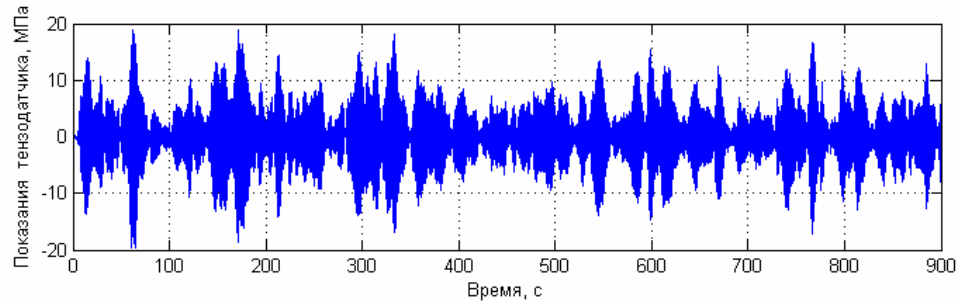


Рис. 8. Высокочастотная составляющая записи напряжений 2

МПа

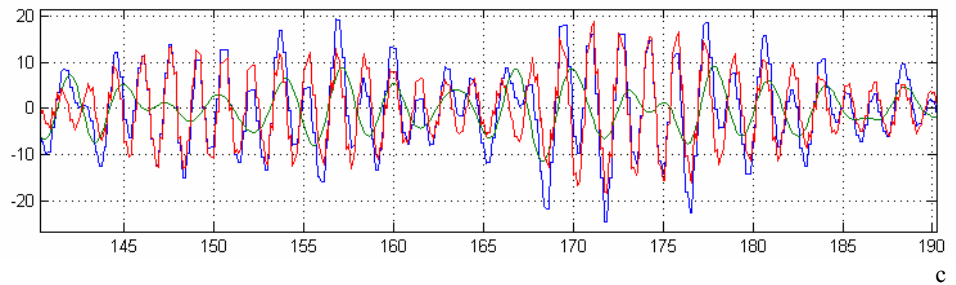


Рис. 9. Сводный график составляющих напряжений записи 1

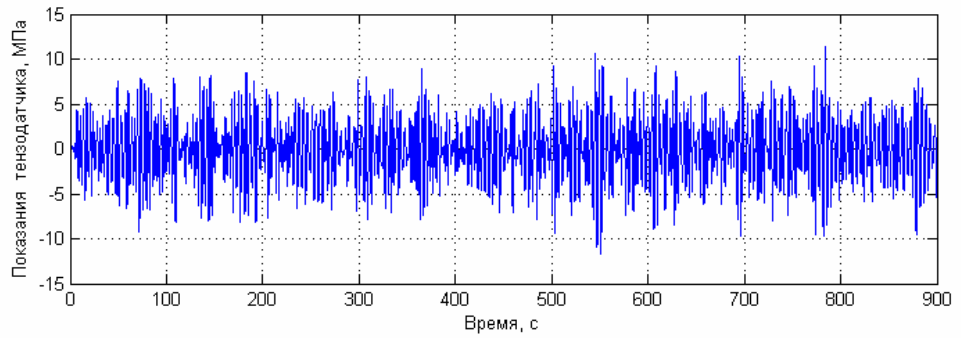


Рис. 10. Низкочастотная составляющая записи напряжений 2

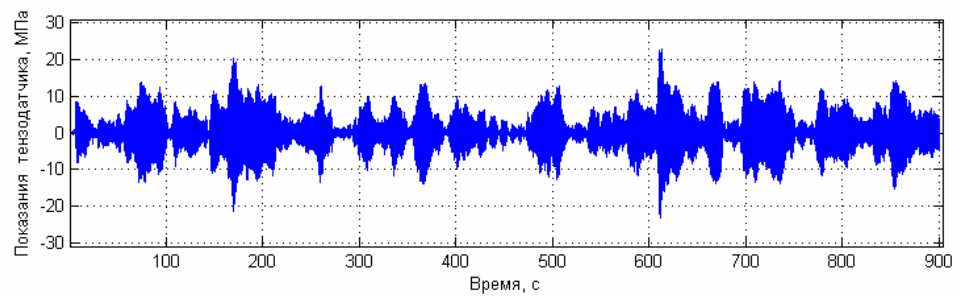
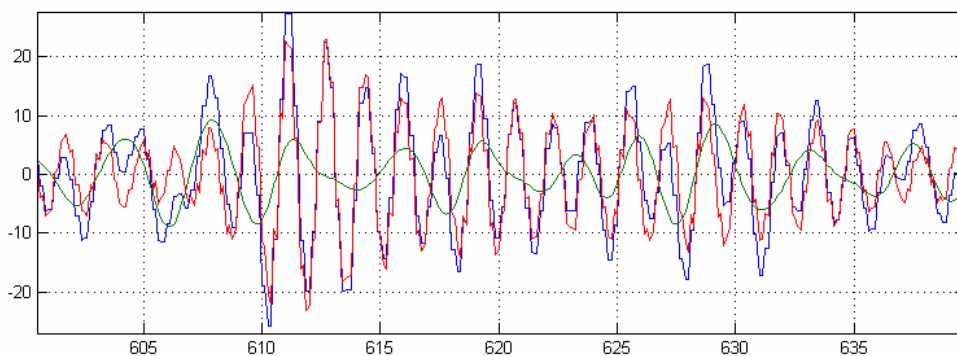


Рис. 11. Высокочастотная составляющая записи напряжений 2

МПа



с

Рис. 12. Сводный график составляющих напряжений записи 2

Анализ таблицы 1 показывает, что, несмотря на интенсивное волнение, величина экспериментальных значений дополнительного волнового изгибающего момента составляет  $0,6 \div 0,62$  от теоретических, а вот экспериментальное значение коэффициента волновой вибрации, наоборот, почти на 50% превышает теоретическое.

Спектральный анализ записей напряжений так же показывает, что высокочастотная составляющая вносит существенный вклад в суммарный процесс полученных напряжений, вызванных волнением. При этом следует отметить что, частота свободных вертикальных колебаний первого тона корпуса, вычисленная в соответствии с действующими Правилами Российского Речного Регистра [3], имеет довольно низкое значение 0,59 Гц и находится в непосредственной близости от частот, соответствующих второму пику на спектрах, 0,64 и 0,628 Гц. Это указывает на близость к условиям резонанса.

#### Список литературы:

- [1] Гирин С.Н. Натурные испытания опытного образца судового аппаратно-программного комплекса для определения параметров волнения бесконтактным способом / С.Н. Гирин, Н.Г. Зябко, Е.Р. Штейн // Конференция по строительной механике корабля посвященная памяти профессора П.Ф. Папковича 17–18 декабря 2012. Тезисы докладов. – Санкт-Петербург: Изд-во ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2012. – С. 61–63.
- [2] Зябко Н.Г. Коррекция алгоритмов обработки волновых процессов по результатам модельных и натурных испытаний / Н.Г. Зябко // Статья в настоящем сборнике.
- [3] Правила Российского Речного Регистра. Том 2 / Российский Речной регистр – М.: 2008.
- [4] Т/х «Капитан Юров». Расчет прочности корпуса. Выпуск МИБ.4427. 2010, 259 с. (рукопись).