



Комплексная автоматизированная система регистрации параметров поведения корпуса судна на волнении

Станислав Гирин, Наталья Зябко, Евгений Штейн

Статья посвящена описанию комплексной автоматизированной системы регистрации параметров поведения корпуса судна на волнении. Система предназначена для регистрации параметров волнения с помощью ультразвукового зондирования водной поверхности с борта движущегося судна и параметров отклика корпуса судна на волнение. Представлены обоснование причин создания системы, её функциональные возможности, перспективы развития и практического использования.

Введение

В последние десятилетия в связи с переходом нашей страны к новым условиям хозяйствования особенно ярко проявились преимущества в экономическом плане судов смешанного (река-море) плавания перед чисто морскими и речными судами. От морских судов неограниченного плавания суда смешанного плавания (ССП) отличаются значительно меньшими осадками и большими величинами отношения L/H (длины судна к высоте его борта). Поэтому эти суда уверенно заняли свою нишу в современных морских грузопотоках, состоящих в основном из небольших (3000–5000 т) партий груза либо из массовых грузов, развозимых по небольшим портам, недоступным для крупнотоннажных судов с большой осадкой.

Особенностью эксплуатации ССП является ограничение волнового режима, при котором судно допускается к плаванию. В соответствии с Правилами Российского Речного Регистра [1] к ССП относятся суда классов «О-ПР», «М-ПР» и «М-СП». Основной характеристикой для отнесения к соответствующему классу является высота волны 3-процентной обеспеченности 2,0, 2,5 и 3,5 м с суммарной повторяемостью не более 5% в бассейне, где разрешается эксплуатация судов данных классов. Правилами Российского Реч-

ного Регистра [2] определены также бассейны, в которых разрешается эксплуатация судов данных классов. Кроме того, внутри класса могут быть дополнительные ограничения по высоте волны, которые отражаются в формуле класса. Например, «М-СП 3,0» означает, что допускаемая при эксплуатации высота волны 3-процентной обеспеченности составляет 3,0 м.

Описанные ограничения означают, что при неблагоприятном прогнозе судно не выпускается из порта, а судно, находящееся в плавании, должно изменить курс и направиться к ближайшему месту убежища. Решение о сходе судна с трассы возлагается на капитана судна, у которого отсутствует объективный критерий для принятия такого решения: с одной стороны, недостаточная точность метеопрогноза, с другой стороны, высокая погрешность визуальной оценки высоты волны. Кроме того, высота волны не является однозначным критерием наступления опасного состояния. На напряжённое состояние корпуса судна оказывает влияние целый ряд других факторов, таких как длина волны, скорость судна, курсовой угол, обводы корпуса и др. Экономические потери, связанные с уходом судна с трассы, нередко являются причиной того, что судоводителем принимается решение о продолжении движения судна по курсу даже при значи-

тельном превышении реальной интенсивности волнения над установленным ограничением, что нередко приводит к аварийным ситуациям вплоть до гибели судна. В таких условиях наличие у судоводителя оперативной информации о реальном волнении и соответствующем ему напряжённом состоянии корпуса судна является важным фактором обеспечения безопасности плавания и эксплуатационной надёжности ССП.

Предпосылки создания системы

Зарубежные компании уже достаточно давно активно занимаются созданием систем непрерывного контроля напряжённого состояния корпусов судов [3, 4, 5]. При этом для разработки и создания таких систем в последние годы свои усилия объединили несколько зарубежных фирм. Суть этих систем в том, что на наиболее нагруженных связях судового корпуса устанавливаются датчики деформаций, информация от которых передаётся в рубку на специализированную ЭВМ, которая обрабатывает полученные от датчиков сигналы и выдаёт для судоводителя информацию об уровне напряжённого состояния в реальном масштабе времени. Эта информация позволяет судоводителю принимать обоснованные решения по управлению судном.



Рис. 1. Удалённый измерительный модуль и датчики системы СПР-3М, установленные на комингсе теплохода «Путеж»

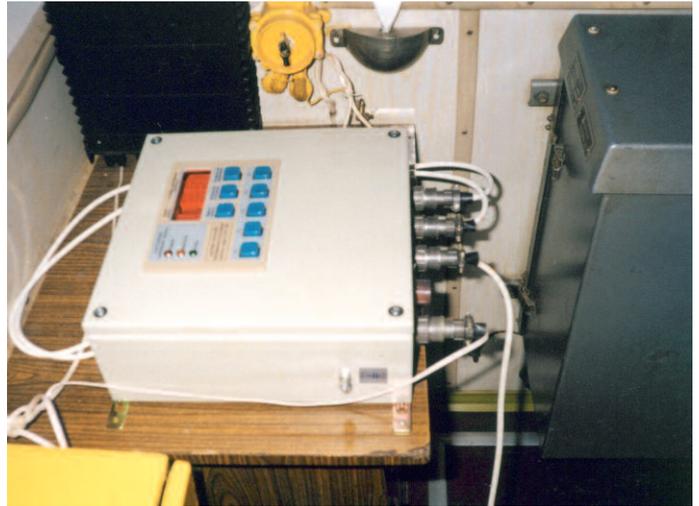


Рис. 2. Центральный блок (специализированная ЭВМ) системы СПР-3М, установленный в рубке теплохода «Путеж»

В нашей стране работы по созданию такой системы проводятся с начала 90-х годов прошлого века в Волжской государственной академии водного транспорта (ВГАВТ) при сотрудничестве специалистов в области прочности судовых конструкций и электроники. Некоторый опыт эксплуатации первоначально разработанной системы, получившей наименование СПР-3, позволил продолжить работу по её модернизации и созданию системы непрерывного мониторинга прочности судового корпуса СПР-3М, мелкосерийное производство которой было налажено при содействии и под надзором Российского Речного Регистра на производственном объединении «Бинар» (г. Саров). С 1996 года система СПР-3М устанавливается на ряде судов смешанного плавания для повышения безопасности их эксплуатации [6, 7]. Архитектура системы СПР-3М включает в себя 8 тензодатчиков, устанавливаемых в опасных с точки зрения прочности связях корпуса, удалённый измерительный модуль, размещаемый в зоне установки датчиков (рис. 1), центральный блок, находящийся в рубке (рис. 2). Более чем десятилетний опыт эксплуатации системы показал её удовлетворительную надёжность и функциональность. За период эксплуатации системы ни одно судно, оборудованное ею, не получило серьёзных повреждений корпуса, в то время как несколько однотипных судов переломились и затонули. Действующая система СПР-3М позволяет судоводителю оперативно получать информацию о реальном запасе прочности, которым обладает корпус судна, принимать обоснованное и своевременное решение об уходе в убежище, а при попадании на

волнение значительной интенсивности управлять безопасностью плавания, выбирая оптимальные значения курсовых углов и скорости движения судна.

Помимо оперативного контроля система СПР-3М позволяет записывать информацию о напряжённом состоянии корпуса за длительный период эксплуатации судна. Такая информация представляет огромный интерес для теоретических исследований в области прочности корпуса судна. Вместе с тем её недостаточно, поскольку отсутствует информация о том, на каких волновых режимах она получена. Отдельные испытательные рейсы, в которых параметры волнения измерялись с помощью спускаемого с борта судна волномерного буя, не решали поставленной задачи, так как в процессе измерения судно находится в дрейфе, а его напряжённое состояние при этом не соответствует напряжённому состоянию при движении. Кроме того, спуск буя и нахождение судна в дрейфе невозможны при волновых режимах высокой интенсивности, которые как раз и представляют интерес для оценки прочности корпуса и нормирования стандарта прочности. По этим причинам назрела необходимость в разработке автоматизированной системы регистрации параметров волнения, основанной на бесконтактном зондировании волновой поверхности с борта движущегося судна, для определения высоты волны и вычисления статистических характеристик волнения, в частности, высоты волны 3-процентной обеспеченности. Кроме того, оперативная информация о реальном волнении и отклике на него корпуса судна очень полезна и для судоводителя.

НИР по созданию комплексной автоматизированной системы

Исследования принципиальной возможности создания системы бесконтактного зондирования волновой поверхности и поиск современной элементной базы для её реализации начали проводиться по заданию и при финансировании Российского Речного Регистра в Волжской государственной академии водного транспорта с 2007 года [8]. Были проанализированы существующие неконтактные, в частности, активные дистанционные средства контроля за состоянием морского поверхностного волнения, которые базируются на акустическом зондировании, лазерном зондировании и радиолокации [9]. В литературе описано большое число методов измерения параметров морского поверхностного волнения с неподвижных платформ, судов, летательных аппаратов на плаву и с воздуха, а также с космических станций, однако в большинстве своём эти методы являются косвенными и качество получаемой информации существенно зависит от принимаемой оптической, акустической и радиолокационной модели морской поверхности, а также характеристик приёмноизлучающей аппаратуры. При выборе типа приёмноизлучающей аппаратуры, наиболее пригодной для измерения расстояния до взволнованной водной поверхности, требовалось учесть следующие факторы: пределы измерения, способность долговременно работать в агрессивной среде, способность работать в тумане, при брызгах и других мешающих факторах. Немаловажными также являлись мини-



Рис. 3. Размещение ультразвукового датчика на выносной консоли, закреплённой на носу модели, и поплавкового волномера



Рис. 4. Размещение ультразвукового датчика на выносной консоли, закреплённой на носу яхты

мальные габариты и масса системы, так как, чтобы исключить погрешность измерения высоты волны, обусловленную близким расположением судна к измеряемому участку водной поверхности, измерительную систему необходимо вынести перед носом судна. С учётом изложенных требований разрабатываемая система была основана на ультразвуковом (УЗ) измерении дальности до объекта. Было выбрано как более надёжное неподвижное крепление приёмоизлучающей системы относительно борта судна. В данном случае УЗ-датчик используется для измерения расстояния от борта судна, на котором он закреплён, до поверхности воды. Однако чтобы преобразовать показания дальномера в мгновенные оценки профиля волны, необходимо учесть эволюцию УЗ-датчика в пространстве. Для этой цели дальномер объединён в единую систему с трёхосевым измерителем угловой скорости и трёхосевым акселерометром. С учётом анализа подходов к созданию существующих методов измерения параметров морского поверхностного волнения с летательных аппаратов на плаву [10], а также современных инерциальных навигационных систем, которые устанавливаются непосредственно на борту транспортного средства и используются для определения его местоположения в пространстве, был разработан и запатентован способ измерения высоты морских волн с борта движущегося судна [11].

Для подтверждения принципиальной возможности реализации разработанного способа и создания автоматизированной системы регистрации параметров волнения, основанной на бесконтактном зондировании волновой поверхно-

сти с борта движущегося судна, была создана модель такой системы и проведены её испытания в опытовом бассейне Волжской государственной академии водного транспорта и на Горьковском водохранилище. В качестве ультразвукового датчика для модельных испытаний был использован датчик фирмы SICK UM30-13113, диапазон сканирования которого составляет 200...1300 мм (максимальная дальность 2000 мм), выход датчика – аналоговый 4...20 мА или 0...10 В, степень защиты IP65, диапазон рабочих температур –20...+70°C, вес 260 г. В качестве гироскопа был использован датчик фирмы Analog Devices ADIS16355AMLZ вместе с отладочной платой ADISUSBZ. В датчик встроены трёхосевый акселерометр, трёхосевый измеритель угловой скорости, термодатчик, дополнительные аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый (ЦАП) преобразователи, цифровой интерфейс (SPI) с внешними устройствами. Вес датчика 16 г. Выходной сигнал ультразвукового датчика подавался на вход дополнительного АЦП гироскопа. С помощью отладочной платы гироскоп был связан с компьютером через USB-интерфейс. Незначительные габаритные размеры и вес датчиков UM30-13113 и ADIS16355AMLZ позволили разместить их на модели судна в бассейне (рис. 3), а также на носу самоходной яхты (рис. 4). Регистрируемые данные с датчиков поступали в персональный компьютер, где с помощью программного обеспечения, поставляемого с отладочной платой ADISUSBZ, записывались в файл. Данные из этого файла преобразовывались с помощью специально разработанного программного обеспечения с использованием па-

кета MatLab в интересующие нас данные: положение датчиков в пространстве по шести степеням свободы, регистрируемые расстояния до водной поверхности и высоты волн. Измерение параметров волнения контактным способом осуществлялось в бассейне с помощью специального поплавкового волномера (рис. 3), в котором поплавок присоединялся к потенциометру МУ-614 (волнение в бассейне создавалось волнопродуктором), а на Горьковском водохранилище – с помощью волномерного буя «Волга», изготовленного на кафедре сопротивления материалов, конструкции корпуса и строительной механики корабля (СМ, КК и СМК) ВГАВТ. Записи волновых процессов, полученные в процессе испытаний контактным и предлагаемым бесконтактным способом, хорошо коррелированы друг с другом. На основании проведённых исследований был сделан вывод о приемлемой точности работы созданной системы регистрации параметров волнения и о принципиальной возможности использования такой системы на судах [12].

Первый этап работы был ориентирован на скорейшее получение способа бесконтактного зондирования водной поверхности и апробацию его в опытовом бассейне на уменьшенной модели судна. Данная цель была достигнута, но, чтобы перейти от модели к реальному судну, необходимо было существенно переработать систему регистрации параметров волнения. Прежде всего, масштаб модели и волн составлял 1:50, и для этого масштаба дальности действия ультразвукового датчика было вполне достаточно. Для реального судна требуется регистрировать дистанции до 6...8 м, при этом необходимо учиты-

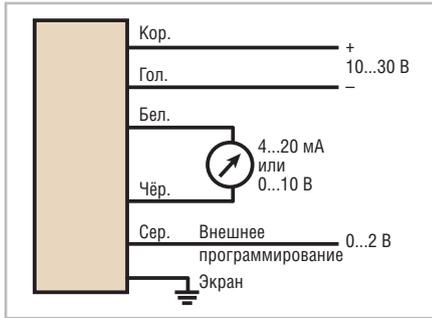


Рис. 5. Схема подключения датчика типа QT50ULB

вать, что реальные волны существенно длиннее, чем в бассейне (периоды волн значительно больше по сравнению с опытовым бассейном). Это вносит дополнительные трудности, так как, во-первых, положение в пространстве определяется с помощью двойного интегрирования ускорения и одинарного интегрирования угловой скорости, что приводит к существенному росту ошибки оценивания при необходимости слежения за медленными процессами, а во-вторых, используемая система фильтрации параметров и процессов существенно усложняется из-за роста требуемого порядка фильтра и из-за необходимости увеличения количества дециматоров при переходе в область более низких частот. Покупная отладочная плата ADISUSBZ, столь удобная при модельных испытаниях, малоприспособна для работы на реальных судах: во-первых, интерфейс связи USB, используемый в плате, плохо приспособлен для передачи сигнала на дистанцию порядка 100...200 м; во-вторых, в плате отсутствует стабильная тактовая частота, которая желательна для точного интегрирования и синхронизации различных регистрируемых процессов.

В связи с этим была выполнена модификация системы дистанционного зондирования водной поверхности. В качестве ультразвукового датчика расстояния использован датчик фирмы Banner QT50ULB с аналоговым выходом. Основные технические характеристики этого датчика следующие: диапазон сканирования 200...8000 мм, ультразвуковая частота 75 кГц, разрешение 1 мм, напряжение питания 10...30 В постоянного тока (с максимальной пульсацией 10%), максимальный ток потребления 100 мА при 10 В и 40 мА при 30 В (без нагрузки), выход аналоговый (либо 4...20 мА, либо 0...10 В), длительность отклика от 100 мс, степень защиты IP67 (защита от кратковременного погружения), диапазон рабочих темпе-

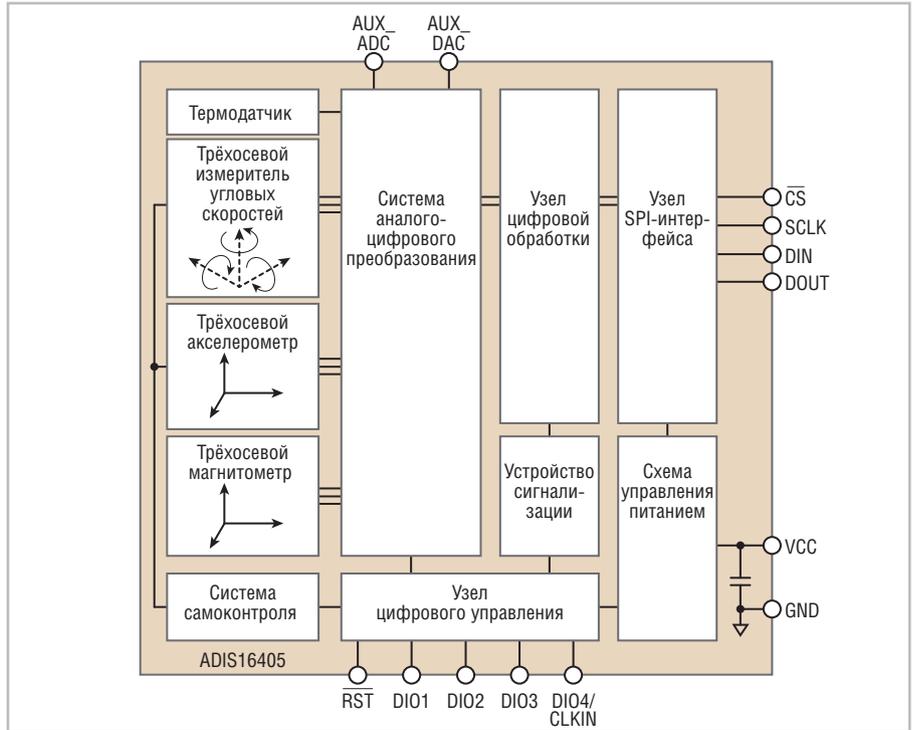


Рис. 6. Функциональная схема ADIS16405

ратур $-20...+70^{\circ}\text{C}$, диапазон температур хранения $-40...+85^{\circ}\text{C}$. Схема подключения датчика приведена на рис. 5. Ультразвуковой датчик QT50ULB обладает рядом дополнительных характеристик: быстрое и простое программирование, как внешнее по проводу (рис. 5), так и с помощью 8 DIP-переключателей, расположенных на задней панели датчика; температурная компенсация показаний с возможностью её отключения; установка на максимальную или минимальную величину сигнала на выходе при потере эха; стойкость к воздействию вибрации и ударов (удовлетворяет требованиям MIL-STD-202F по методу 201A испытаний на вибрацию: 10...60 Гц максимум, двойная амплитуда 1,524 мм при максимальном ускорении 10g; соответствует требованиям стандарта IEC 60947-5-2: удар 30g длительностью 11 мс, полусинусоидальная форма).

В качестве гироскопа был использован датчик типа ADIS16405 (Analog Devices), который представляет собой аналого-цифровую электронную систему, в состав которой входят (рис. 6) трёхосевой измеритель угловых скоростей, трёхосевой акселерометр, трёхосевой магнитометр, термодатчик, система самоконтроля, система аналого-цифрового преобразования, узел цифрового управления, узел SPI-интерфейса и др. Измеритель угловых скоростей способен измерять угловые скорости до ± 300 градус/с, цена деления (без фильт-

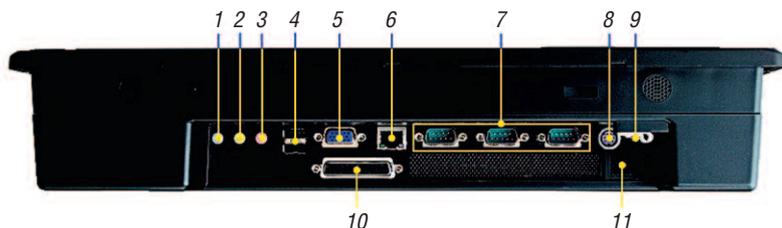
рации) 0,05 градус/с, полоса анализа до 330 Гц. Диапазон измерения акселерометра $\pm 18g$, цена деления (без фильтрации) 3,33mg (здесь g – это ускорение свободного падения, mg – одна тысячная от g), полоса анализа до 330 Гц. Диапазон измерения магнитометра $\pm 3,5$ Гс, цена деления (без фильтрации) 0,5 мГс, полоса анализа до 1540 Гц. Цена деления термодатчика $0,14^{\circ}$. Напряжение питания модуля 5 В, ток потребления 70 мА. Максимальная скорость аналого-цифрового преобразования 819,2 отсчётов в секунду. SPI-интерфейс является одним из самых распространённых и удобных последовательных цифровых стыков, по нему легко управлять датчиком с помощью микроконтроллера и передавать показания измерителей в микроконтроллер. Связующим звеном между компьютером и датчиками является микроконтроллер Atmega32L (фирма Atmel).

Для разработанной системы выбран промышленный компьютер PPC-L156T-R83-XE (компания Advantech). Этот безвентиляторный панельный компьютер с 15" ЖК-дисплеем является отличным решением для применения в помещениях, где требуются низкий уровень шума и высокий уровень защиты от пыли и других загрязнений. Он может иметь два источника получения энергии: блок питания переменного тока и дополнительный аккумулятор, который заряжается, когда PPC-L156T-R83-XE работает от сети. Перезаряжаемый аккумулятор выполняет роль источника бесперебойного питания в слу-

Таблица 1

Основные характеристики панельного компьютера PPC-L156T-R83-XE

15" TFT ЖК-дисплей с разрешением XGA
Интегрированный процессор Intel®ULV Celeron®M 800 МГц/Pentium®M 1,1 ГГц
ОЗУ: до 2 Гбайт DDR-памяти
Два встроенных динамика мощностью 1 Вт каждый
Один слот MiniPCI и один разъём для карт CompactFlash
Безвентиляторный дизайн, очень низкий уровень энергопотребления
Автоматический контроль потока данных по интерфейсу RS-485
Сетевой интерфейс Ethernet 10/100Base-T или Gigabit Ethernet с поддержкой функции загрузки по сети
Съёмная передняя панель
Интеллектуальный аккумулятор с функциональностью ИБП (опционально)
Антенна для работы в беспроводных сетях и модуль для установки PCI-платы (опционально)



Условные обозначения: 1 – линейный вход; 2 – линейный выход; 3 – микрофонный вход; 4 – 2 порта USB 2.0; 5 – видеопорт; 6 – порт Ethernet 10/100Base-T; 7 – 3 последовательных порта; 8 – порт PS/2 для клавиатуры и мыши; 9 – вход питания (пост. ток); 10 – параллельный порт; 11 – кнопка питания.

Рис. 7. Интегрированные интерфейсы ввода-вывода компьютера PPC-L156T-R83-XE

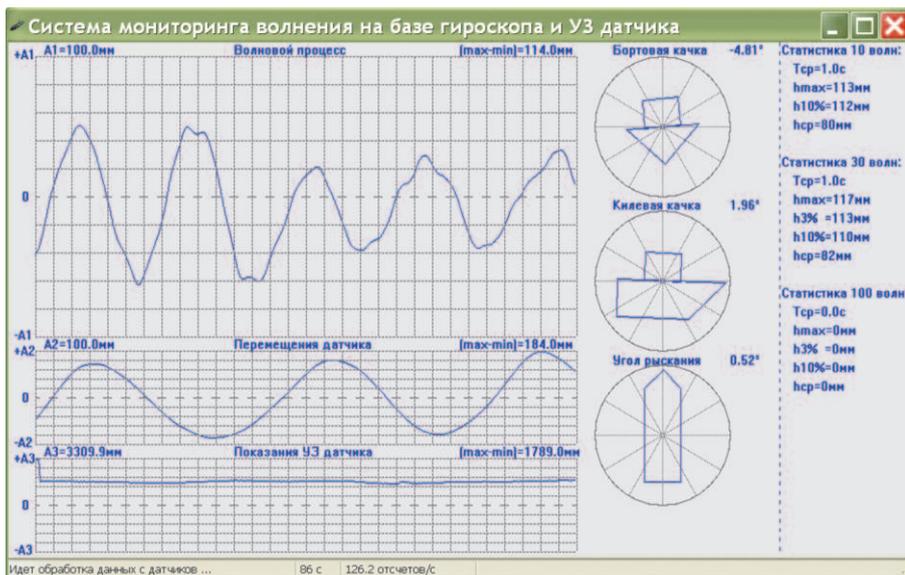


Рис. 8. Копия экрана программы при работе системы на волнении

чае внезапного отключения энергии и может поддерживать функционирование компьютера в течение 60 минут. В нашем варианте аккумулятор не установлен, так как нет необходимости сохранять работоспособность во время сбоев электропитания, а после завершения сбоя компьютер автоматически перезагрузится и продолжит работу. Крепёжные отверстия PPC-L156T-R83-XE отвечают стандарту VESA, что делает простой его установку. Лицевая панель компьютера является съёмной, что облегчает и ускоряет процесс обслуживания ЖК-дисплея и сенсорного экрана. Основные характеристики компьютера приведены в табл. 1, интегриро-

ванные в него интерфейсы ввода-вывода показаны на рис. 7.

Для новой системы было модернизировано программное обеспечение. Измеряемые параметры выдаются на экран дисплея в реальном времени, а также сохраняются в памяти для последующей статистической обработки. На рис. 8 показан экран программы при работе системы на волнении. Программа вычисляет ряд статистических показателей, но при необходимости можно сохранённые данные обработать в среде MatLab и получить другие графики и параметры волнения (рис. 9).

Данную систему невозможно полностью проверить в опытовом бассейне

из-за ограниченных размеров чаши бассейна и малых размеров генерируемых волн. Поэтому в бассейне была проверена работоспособность системы вне связи с моделью судна (измерение волнового профиля выполнялось при стационарном положении системы, а также при ручном изменении углов наклона и линейных перемещений датчиков). Более полная проверка будет проведена в дальнейшем на натурных испытаниях. Однако полученные в опытовом бассейне положительные результаты позволили приступить к созданию комплексной автоматизированной системы регистрации параметров поведения корпуса судна на волнении.

Комплексная автоматизированная система включает в себя следующие модули: модуль вычислительного устройства, модуль питания, модуль измерения волнового профиля водной поверхности и модуль измерения напряжённого состояния корпуса судна.

Структурная схема комплексной системы показана на рис. 10. Штриховыми линиями показаны управляющие цепи, штрих-пунктирными – цепи питания, сплошными – информационные цепи и шины.

Модуль вычислительного устройства построен на базе панельного компьютера типа PPC-L156T-R83-XE, и располагается он в рубке судна. Данные с удалённых измерительных модулей поступают к нему по интерфейсам RS-485 (на настоящий момент используется 2 отдельных стыка RS-485). В компьютере есть 2 порта RS-232 и 1 порт RS-485. Для преобразования RS-485 в RS-232 на время натурных испытаний используется самодельный переходник, но в дальнейшем планируется заменить его более технологичным модулем преобразования ADAM-4520-D2E компании Advantech.

Основой модуля измерения волнового профиля водной поверхности является ультразвуковой датчик расстояния QT50ULB. Для коррекции показания ультразвукового датчика при эволюциях судна в модуль включён трёхосевой гироскоп ADIS16405/PCBZ. Из ряда функциональных узлов гироскопа используются трёхосевой датчик угловых скоростей, трёхосевой акселерометр и термодатчик. Данные с ультразвукового датчика и гироскопа собирает микроконтроллер Atmega32L и передаёт их в модуль вычислительного устройства. Датчики в измерительном модуле жёстко связываются между собой в едином

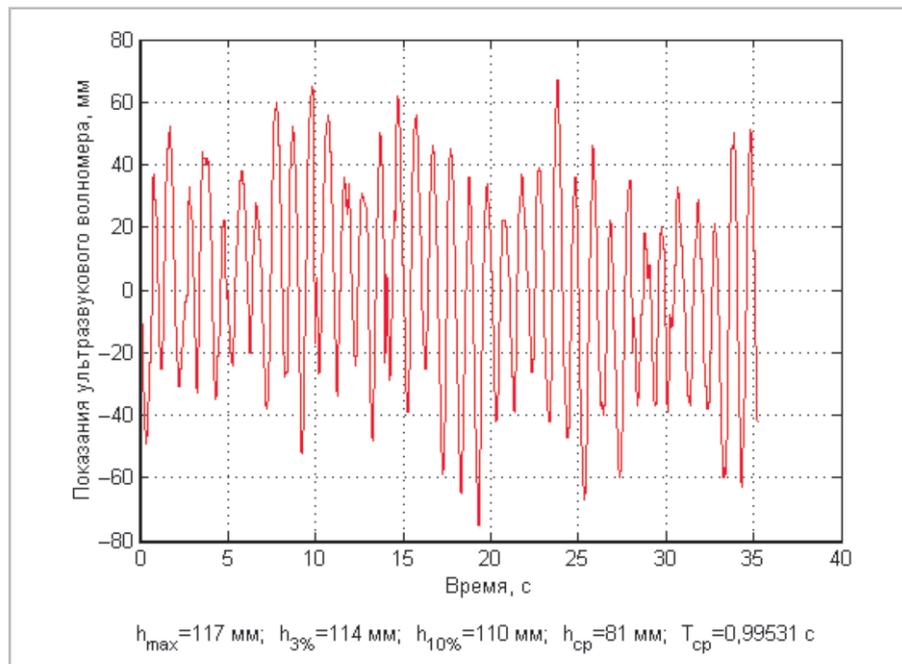
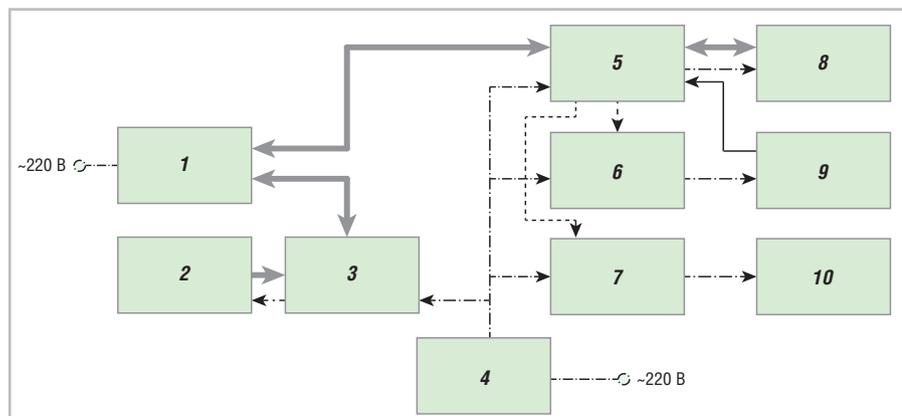


Рис. 9. График участка волнения и соответствующие ему оценки статистических характеристик



Условные обозначения: 1 – вычислительный модуль на базе панельного компьютера PPC-L156T-R83-XE; 2 – тензодатчики; 3 – удаленный измерительный модуль системы «СПР-3М»; 4 – основная ячейка модуля питания TML 40115C; 5 – микроконтроллерное устройство на базе Atmega32L; 6 – ячейка питания ультразвукового датчика TEN 8-1213; 7 – ячейка питания нагревательных резисторов TEN 20-1213; 8 – трёхосевой гироскоп ADIS16405/PCBZ; 9 – ультразвуковой датчик QT50ULB; 10 – нагревательные резисторы.

Рис. 10. Структурная схема комплексной системы

корпусе и жёстко закрепляются на выносной консоли перед носом судна.

В корпус модуля измерения волнового профиля водной поверхности встроен также модуль питания. Связано это, прежде всего, с тем, что ультразвуковой датчик может работать при температуре от -20°C , а по техническому заданию минимальная рабочая температура системы должна быть -40°C , и поэтому на модуль питания дополнительно возложена функция обогрева. Основа вторичного источника питания для измерительных модулей – это модуль TML 40115C (TRACO POWER). Контроль температуры осуществляет микроконтроллер измерительного модуля по показаниям термодатчика гироскопа.

Если температура будет выше -20°C , то микроконтроллер включит модуль питания ультразвукового датчика TEN 8-1213. А для поддержания температуры в отсеке на нужном уровне ($> -20^{\circ}\text{C}$) микроконтроллер включает/выключает модуль TEN 20-1213 (оба модуля питания – фирмы TRACO POWER), нагрузкой которого являются мощные нагревательные резисторы.

Удаленный модуль измерения напряжённого состояния корпуса судна состоит из 8 тензодатчиков и удаленного измерительного модуля (УИМ) системы СПР-3М.

При своём функционировании комплексная система обрабатывает данные с датчиков, сохраняет результаты обра-

ботки на встроенном винчестере (объём жёсткого диска должен быть достаточен для хранения данных за 1 год), отображает на экране наиболее важную информацию о волнении и о состоянии корпуса (статическое и динамическое напряжение корпуса судна, ускорение носовой оконечности, высоту волны, углы крена и дифферента), предоставляет судоводителю отключаемую светозвуковую сигнализацию опасного состояния корпуса судна. Практически все элементы информационного табло (экрана компьютера) должны быть отключаемыми, так как одно из основных требований судоводителя – возможность минимизировать при необходимости количество индикаторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По заданию Российского Речного Регистра создана комплексная автоматизированная система регистрации параметров поведения корпуса судна на волнении. Работоспособность системы проверена в условиях опытового бассейна, однако окончательные результаты можно получить только в процессе натурных испытаний. Определены направления дальнейшей модернизации системы.

- Опыт эксплуатации показал надёжную работу короткобазных датчиков деформации, основанных на применении тензорезисторов. Однако в некоторых случаях необходима установка длиннобазных датчиков, например, в местах возможного появления трещин в конструкциях для контроля за их появлением и опасным распространением. Потому необходима разработка конструкций таких датчиков. Также при необходимости возможно включение в комплексную систему датчиков давления для фиксирования давления в носовой оконечности, возникающего при слеминге.
- Необходимо рассмотреть возможность дистанционного подключения диспетчера к системе обработки и хранения информации. Для этого нужно определить конфигурацию распределённой системы анализа и вид передаваемой информации. В настоящее время вполне доступной является сотовая связь бортовой аппаратуры (без участия человека) с наземными центрами. При этом модем стоит порядка 1 тысячи руб., а мегабайт переданной информации менее 1 руб. (в роуминге дороже). За относительно невысокую цену появляется возможность вести удаленный мо-

ниторинг судна, и в ряде случаев отпадает необходимость в использовании долговременного хранения данных.

- С целью повышения экономической эффективности от внедрения систем мониторинга целесообразно разработать несколько модификаций измерительного комплекса, обладающих разным набором функций, а соответственно, и различной стоимостью. В этом плане должны быть проработаны вопросы унификации, классифицированы оцениваемые параметры и характеристики по степени их полезности, проанализированы варианты индикации данных.
- Следует рассмотреть целесообразность и возможность использования адаптивной антенной решётки ультразвуковых излучателей для более качественного измерения волнового профиля водной поверхности.

В ближайшее время планируется проведение натурных испытаний комплексной системы на одном из судов смешанного плавания. Данные, собранные во время этих испытаний, а также при дальнейшей эксплуатации системы, будут проанализированы во

ВГАВТ при сотрудничестве с представителями Речного Регистра. Полученная таким образом информация будет иметь решающее значение для ответа на вопрос о необходимости корректировки требований Правил Речного Регистра в части нормирования волновых нагрузок. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский Речной Регистр. Правила: [в 4 т.].— М.: По Волге, 2002. — Т. 1. — 264 с.
2. Российский Речной Регистр. Правила: [в 4 т.].— М.: По Волге, 2002. — Т. 4. — 197 с.
3. Максимаджи А.И. Капитану о прочности корпуса судна. — Л.: Судостроение, 1988. — 224 с.
4. Early Warning Alert For Structural Weaknesses // Marine Engineers Review. — 1991, June. — P. 18–19.
5. Стевен П. HULLMOS измеряет напряжения в корпусе судна // Navigator. — 1999. — № 1. — С. 18–19.
6. Гирин С.Н. О контроле прочности судов смешанного плавания // Судостроение. — 2001. — № 1. — С. 14–17.
7. Гирин С.Н., Калинин М.И. Мониторинг прочности судов смешанного плавания как средство повышения безопасности эксплуатации // Прочность и условия эксплуатации

судов смешанного плавания : Труды ВГАВТ. — Н. Новгород, 2001. — Вып. 299. — С. 5–29.

8. Гирин С.Н., Зябко Н.Г., Штейн Е.Р. Оптимизация судовых систем автоматизированного контроля напряженного состояния корпуса судна // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — Н. Новгород, 2007. — Вып. 22. — С. 103–107.
9. Царев В.А., Коровин В.П. Неконтактные методы измерения в океанологии : учеб. пособие. — СПб.: РГГМУ, 2005. — 184 с.
10. Пат. 2112925 РФ, МКИ G 01 C 13/00. Способ измерения высоты морских волн с летательного аппарата на плавку / Прозоровский В.Е., Буряк В.А. — № 96107914/28; заявл. 22.04.1996; опубл. 10.06.1998.
11. Пат. 2439494 РФ, МКИ G 01 C 13/00. Способ измерения высоты морских волн с борта движущегося судна / Гирин С.Н., Ефремов Н.А., Штейн Е.Р., Зябко Н.Г. — № 2010139771/28; заявл. 27.09.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
12. Гирин С.Н., Зябко Н.Г., Штейн Е.Р. Разработка судового комплекса бесконтактного зондирования водной поверхности // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — Н. Новгород, 2010. — Вып. 28. — С. 123–132.