

УДК 629.12.037.21

О. С. Пучков, А. И. Головань

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Рассмотрены основные вопросы автоматизации измерительной системы для определения гидродинамических характеристик гребных винтов. Дано описание экспериментальной установки для изучения работы гребного винта в свободной воде под различными углами натекания потока жидкости. Приведены схема и алгоритм автоматизированного управления и регистрации данных работы гребного винта. Произведена отладка взаимодействия аппаратной и программной частей системы измерений.

Ключевые слова: гидродинамические характеристики гребного винта, модельные испытания, опытовый бассейн, экспериментальная установка, аналого-цифровой преобразователь, беспроводная система передачи данных, тензорезисторные датчики упора и момента, однокристалльный микроконтроллер, аналоговый фильтр, дифференциальный усилитель, полноповоротная рулевая колонка

O. S. Puchkov, A. I. Golovan

MEASURING SYSTEM AUTOMATION FOR SCREW PROPELLER CHARACTERISTICS DETERMINATION

The main problems of automation measuring system for the determination of the hydrodynamic characteristics of the propeller were explored. An experimental system for studying the work of the propeller in free water at various angles of leakage flow description was given. Developed scheme and algorithm of automated control and data registration of the propeller was given. Produced by the interaction of debugging hardware and software measurement system was given.

Keywords: hydrodynamic characteristics of the propeller, model tests, towing tank, the experimental setup, analog-to-digital converter, a wireless data transmission system, strain gauge sensors thrust and torque, a single-chip microcontroller, analog filter, a differential amplifier, full-revolving propeller-rudder column

O. С. Пучков, А. І. Головань

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРЕБНИХ ГВИНТІВ

Розглянуто основні питання автоматизації вимірювальної системи для визначення гідродинамічних характеристик гребних гвинтів. Розроблено експериментальну установку для вивчення роботи гребного гвинта у вільній воді під різними кутами набігання потоку рідини. Розроблено схему та алгоритм автоматизованого управління та реєстрації даних роботи гребного гвинта. Проведено налагодження взаємодії апаратної та програмної системи вимірювань.

Ключові слова: гідродинамічні характеристики гребного гвинта, модельні випробування, дослідний басейн, експериментальна установка, аналого-цифровий перетворювач, бездротова система передавання даних, тензорезисторні датчики упору і моменту, однокристалльний мікроконтролер, аналоговий фільтр, диференційний підсилювач, повноповоротна кермова колонка

Введение. Основной задачей модельных испытаний гребных винтов является определение гидродинамических характеристик изолированного гребного винта (ГВ) в зависимости от режима его работы. Результаты испытаний серий моделей ГВ позволяют построить диаграммы для практического расчета ГВ.

Модельные испытания должны удовлетворять требованиям механического подобия натурального ГВ и его модели.

Такие исследования могут проводиться в кавитационных трубах и опытовых бассейнах с помощью специальных установок.

Постановка проблемы. Современное применение ГВ в качестве движительно-рулевого комплекса (ДРК) судна на поворотной колонке обеспечивает поворот комплекса на произвольный угол $0 \leq \alpha \leq 360^\circ$. Использование ДРК такого типа расширяет маневренные возможности судна.

До сих пор является недостаточно исследованным вопрос о работе ГВ под различными углами натекания потока жидкости.

Для проведения научно-исследовательских работ по изучению характеристик судовой поворотной винто-рулевой колонки (ВРК) в опытовом бассейне Одесского морс-

© Пучков О.С., Головань А.И., 2013

кого университета была разработана экспериментальная установка для изучения работы гребного винта с учетом угла скоса потока [2, 6]. Она показана на рис. 1.

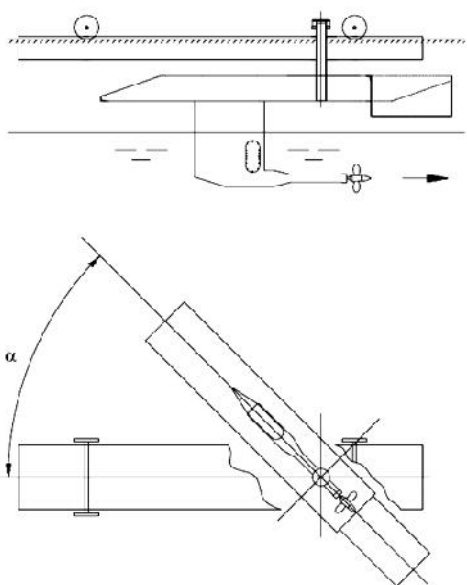


Рис. 1. Экспериментальная установка для изучения работы гребного винта в косом потоке

При проведении эксперимента необходимо в режиме реального времени фиксировать ряд силовых (упор, момент) и кинематических (скорость движения, обороты гребного винта) параметров работы гребного винта. При этом остро стоит проблема фильтрации получаемых данных от стационарных и нестационарных помех.

Для качественного функционирования стенда была разработана беспроводная система передачи и обработки данных эксперимента, базирующаяся на цифровом сигнальном процессоре, который обеспечивает режим реального времени. Эффективность ее действия определяется постоянным контролем и регулировкой следующих управляющих параметров: скорости движения буксировочной тележки (БТ); частоты вращения ГВ; упора и момента ГВ; температуры воды в бассейне.

Результаты исследований. С помощью созданной установки были измерены гидродинамические характеристики ВРК [8]. Эксперименты проводились в широком диапазоне углов набегания потока жидкости, а са-

ма модель была в неподвижном и подвижном состояниях.

Как видно на рис. 2, корпус стенда содержал: привод вращения ГВ 7, состоящий из электродвигателя переменного тока с короткозамкнутым ротором, соединенного кабелем с частотным преобразователем (ЧП) («Altivar 28»); гребной вал с моделью ГВ 6; датчик числа оборотов гребного вала 4; датчики величины упора 5 и вращающего момента ГВ 8.

Датчик линейной скорости 1 был установлен на специальном колесе БТ 2, которая движется по рельсовому пути 3 при помощи буксировочной системы опытового бассейна.

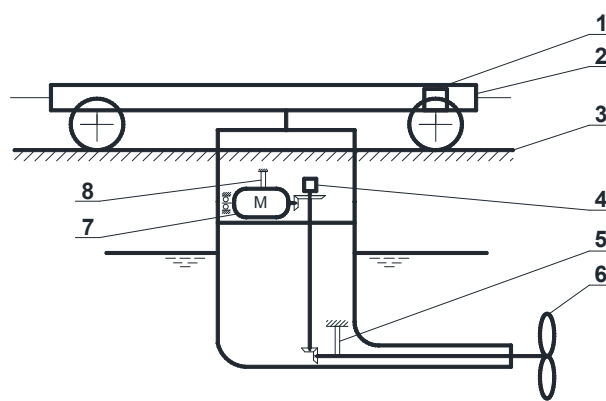


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

При разработке системы автоматизации стенда основной задачей было введение в эксплуатацию новой аппаратной и программной частей измерительной системы. Ее аппаратная часть состоит из тензорезисторных и магнитоуправляемых датчиков, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) СИМ-А04.13 и ПЭВМ.

Программная часть состоит из блока записи и обработки данных по специально созданному программному обеспечению «Цифровая тензостанция». Приложение разработано в среде программирования. С++ Builder 6.0, что позволяет работать в среде MS Windows.

Преобразователь АЦП СИМ-А04.13 представляет собой четырехканальный аналого-цифровой преобразователь сигналов низкого уровня с программным управлением, с двумя аналоговыми и двумя цифровыми каналами.

Структурная схема АЦП СИМ-А04.13 представлена на рис. 3.

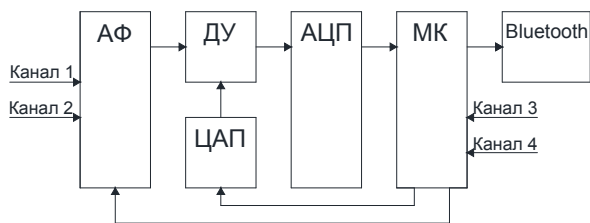


Рис. 3. Структурная схема АЦП СИМ-А04.13

Для обеспечения высокого качества работы СИМ в системе автоматизированного измерения необходимо использовать следующие базовые элементы: входной четырехканальный аналоговый фильтр (АФ), который под управлением однокристалльного микроконтроллера (МК) осуществляет предварительную фильтрацию измеряемой величины; дифференциальный усилитель (ДУ); интегральный шестнадцатиразрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП); встроенный однокристалльный МК с внутренней памятью программ, данных и коэффициентов настроек.

Для задания начального смещения измеряемого сигнала необходимо использовать встроенный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Его основная функция – возврат системы измерения в исходное состояние при начале проведения новой серии замеров.

Входные сигналы в данную систему поступают по каналам 1 и 2 – аналоговые сигналы тензорезисторных датчиков упора и момента – и по цифровым каналам 3 и 4 дискретного счетчика оборотов гребного винта и скорости движения тележки.

Тензометрический полумост (каналы 1, 2), соединен проводной связью с тензостанцией АЦП СИМ-А04.13, которая подает питание на полумост, устанавливает уровень «нуля», усиливает сигнал и передает его на измерительную часть МК.

Обмен информацией между АЦП и внешними устройствами осуществляется с использованием унифицированного беспроводного интерфейса Bluetooth, что позволило избавиться от наводок в кабельном измерительном тракте.

Данные с датчиков обрабатываются в реальном времени с помощью программы «Цифровая тензостанция». На рис. 4 показана

на блок-схема алгоритма работы измерительной системы.

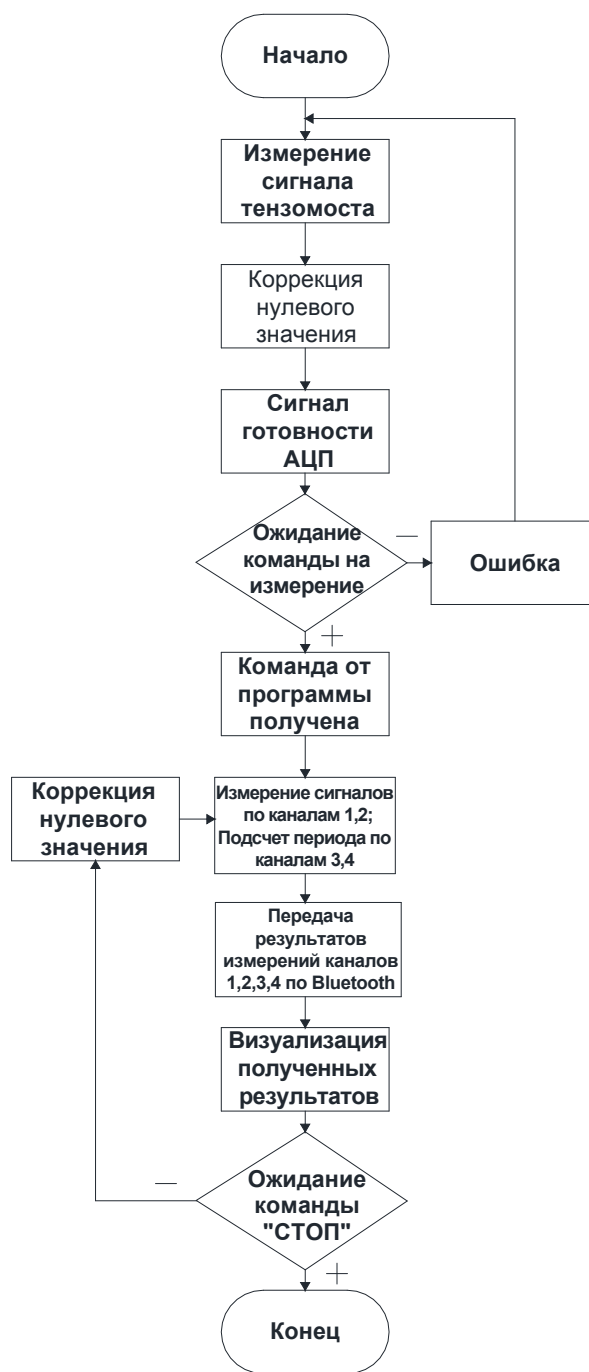


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы измерительной системы

Удобство использования программы «Цифровая тензостанция» заключается в обработке данных, полученных в реальном времени при помощи АЦП и возможности контролировать все четыре измеряемые параметра: упор, момент, частоту вращения, скорость движения БТ. Пример интерфейса программы показан на рис. 5.

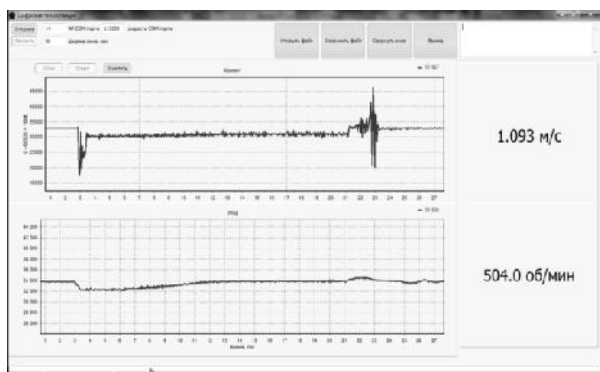


Рис. 5. Интерфейс программы «Цифровая тензостанция»

Отдельным этапом при проведении работ по автоматизации стенда являлись операции по отладке. В этом случае были решены следующие задачи: 1 – выполнена балансировка полумостовой схемы тензорезистора; 2 – подобраны фильтрующие элементы цифровой измерительной части, 3 – тарированы датчики упора и момента винта.

Отладка взаимодействия аппаратной и программной системы измерений выполнена в ходе тестирования как отдельных его частей, так и всей системы.

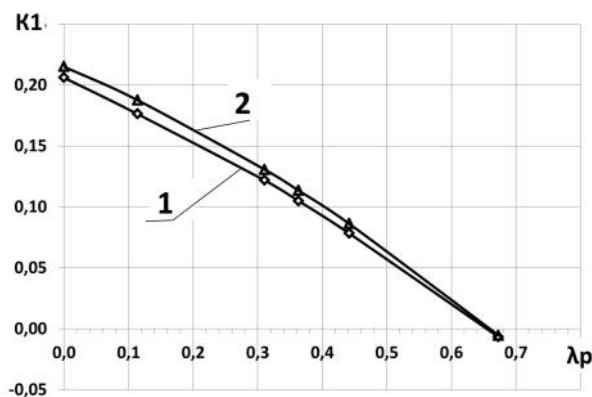
Тарировка датчиков скорости движения БТ и оборотов ГВ проводилась при помощи генератора, имеющего на выходе П-образный сигнал с частотой 50 Гц.

Датчик частоты вращения протестирован при помощи ЧП «Altivar 28».

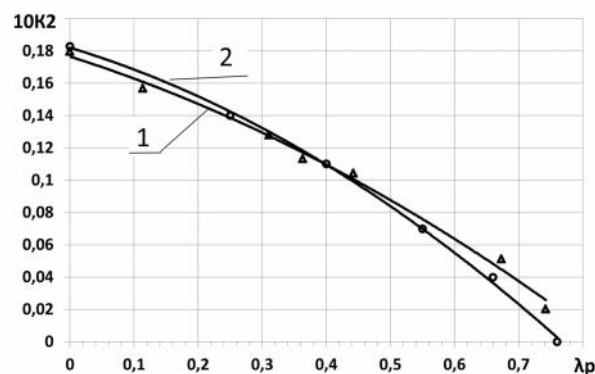
Замеры датчика скорости движения буксировочной тележки сопоставлялись с датчиком скорости движения моделей судов [3].

Калибровка тензорезисторных датчиков проводилась методом статических нагрузок, который предполагает использование гирь различного веса. В качестве эталонных результатов при тестировании работы стенда были взяты результаты Болгарского института гидродинамики судна (БИГС) [12]. Полученные сравнительные характеристики ГВ показаны на рис. 6. Анализ результатов показывает, что общая погрешность стенда составляет 2 %.

Контроль всей системы производился испытанием модели ГВ с идентичными геометрическими характеристиками модели, изученной в БИГС. На рис. 6 приведены данные кривых действия ГВ в свободной воде.



а



б

Рис. 6. Зависимость коэффициентов упора (а) и момента (б) от относительной поступи ГВ: 1 – эксперимент ОНМУ; 2 – диаграмма БИГС

Выводы

Автоматизация стенда при проведении замеров гребного винта позволила в режиме реального времени записать процессы, происходящие в результате работы экспериментальной установки.

Разработанная измерительная система позволила увеличить точность регистрируемых данных и исключить разного вида помехи.

Получен алгоритм управления, который характеризуется своей простотой, надежностью и быстродействием, наряду с этим применены современные методы сбора, обработки и фильтрации сигналов, получаемых с датчиков.

Список использованной литературы

1. Борусевич В. О. Современные гидродинамические лаборатории [Текст] / В. О. Борусевич, А. А. Русецкий, И. А. Соловьев. – СПб. : ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2008. – 335 с.

2. Воробьев Ю. Л. Методика экспериментальных исследований в опытовом бассейне ОИИМФа [Текст] / Ю. Л. Воробьев, В. Н. Кириллов, Э. В. Коханов // Экспериментальная гидромеханика судна: материалы по обмену опытом. – Л. : Судостроение, 1978. – Вып. 272. – С. 29 – 34.

3. Демидюк А. В. Модернизация системы измерений опытового бассейна ОМНУ [Текст] / Вісник ОНМУ : збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 34. – С. 67 – 76.

4. Кочин В. Автоматизированная система сбора и обработки данных скоростного опытового бассейна [Текст] / В. Кочин, В. Мороз // Современные технологии автоматизации. – 2009. – № 3. – С. 48 – 50.

5. Прищемихин Ю. Н. Современные зарубежные судостроительные гидродинамические лаборатории [Текст] / Ю. Н. Прищемихин. – СПб. : Судостроение : ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова 1969. – 207 с.

6. Пучков О. С. Экспериментальная установка для исследования гидродинамики винто-рулевой колонки [Текст] / О. С. Пучков // Вісник ОНМУ : збірник наукових праць. – 2009. – Вип. 28. – С. 51 – 53.

7. Пучков О. С. Гидродинамическое взаимодействие рулевой колонки с причальной стенкой в процессе швартовки судна [Текст] / О. С. Пучков, Е. Ю. Федорова // Вісник ОНМУ : збірник наукових праць. – 2009. – Вип. 26. – С. 22 – 27.

8. Пучков О. С. Экспериментальное исследование работы гребного винта в косом потоке [Текст] // Проблеми техніки: наукововиробничий журнал. – 2013. – № 3 – С. 125 – 132.

9. Румшицкий Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента : справочное руководство [Текст] / Л. З. Румшицкий. – М. : Наука, 1971. – 192 с.

10. Mohammed F. Islam. Experimental research on marine podded propulsors [Text] / [Mohammed F. Islam, Brian Veitch and others]

// Journal of Naval Architecture and Marine Engineering – 2007. – № 4. – P. 57 – 71.

11. Proceedings of 25-th ITTC. The Specialist Committee on Azimuthing Podded Propulsion [Electronic resource] – Fukuoka 2008. – P. 83 – 141. – Mode of access: http://eprints.soton.ac.uk/55290/1/Volume1_5PropulsionCommittee.pdf – 14.09.2008.

12. Propeller Design Charts. Collection of 21 sets of the ship screw propeller design charts [Text] / Bulgarian ship hydrodynamics Centre. – Varna, – 1983. – 51 p.

13. Stettler J. W. Steady and Unsteady Dynamics of An Azimuthing Podded Propulsor Related to Vehicle Maneuvering [Text] / J. W. Stettler. – 2004.

14. Salvatore F. Description of the INSEAN E779A propeller experimental dataset [Text] / [F. Salvatore, F. Pereira, M. Felli and others] – 2006. INSEAN Tech. Rep. 2006-085.

Получено 14.07.2013

References

1. Borusevich V. O. Modern Hydrodynamic Laboratory [Text] / V. O. Borusevich, A. A. Rusetsky, I. A. Soloviev. – St.-Petersburg : Central Research Institute, acad. Krylov, 2008. – 335 p. [in Russian].

2. Vorobyov J. L. Methods of Experimental Research in the Towing Basin of OIIMF [Text] / Y. L. Vorobyov, V. N. Kirillov, E.V. Kokhanov // Experimental Fluid Mechanics vessel: Materials for the Exchange of Experiences. – Leningrad : Shipbuilding. – 1978. – Iss. 272. – P. 29 – 34 [in Russian].

3. Demidyuk A. V. Upgrading System of Measurement Towing Tank OMNU [Text] / A. V. Demidyuk // Journal of Odessa maritime university. – 2012. – № 34. – P. 67 – 76 [in Russian].

4. Cochin V. Automated System data Acquisition and Processing of High-speed Towing Tank [Text] / V. Cochin // Modern Automation Technology. – 2009. – № 3. – P. 48 – 50 [in Russian].

5. Prischemihin U. N. Modern Analogous Foreign Shipyards for Hydrodynamic Laboratory [Text] / U. N. Prischemihin – St.-Petersburg : Central Research Institute. Acad.

Krylov, publishers of "Shipbuilding", 1969. – 207 p. [in Russian].

6. Puchkov O. S. Experimental Setup for Studying the Hydrodynamics of Screw Steering Column [Text] / O. S. Puchkov // Journal of Odessa maritime university. – 2009. – № 28. – P. 51 – 53 [in Russian].

7. Puchkov O. S. Hydrodynamic Interaction with the Steering Column in wall During the Initial Mooring on Court [Text] / O. S. Puchkov, E. U. Fedorova // Journal of Odessa maritime university. – 2009. – № 26. – P. 22 – 27 [in Russian].

8. Puchkov O. S. Experimental Study of the Propeller in open Water in an Oblique Flow [Text] / O. S. Puchkov // Problems of Technics: Science and production magazine. – 2013. – № 3. – P. 125 – 132 [in Russian].

9. Rumshiskii L. Z. Mathematics of the Processing of the Results of the Experiment. Reference [Text] / L. Z. Rumshiskii – Moscow : – Publishers of the "Science", 1971. – 192 p. [in Russian].

10. Mohammed F. Islam. Experimental Research on Marine Podded Propulsors [Text] / Mohammed F. Islam, Brian Veitch, Pengfei Liu // Journal of Naval Architecture and Marine Engineering – 2007. – № 4. – P. 57 – 71 [in English].

11. Proceedings of 25-th ITTC. The Specialist Committee on Azimuthing Podded Propulsion [Electronic resource] / Fukuoka 2008 – P. 83 – 141. – Mode of access: http://eprints.soton.ac.uk/55290/1/Volume1_5PropulsionCommittee.pdf [in English] – 14.09.2008.

12. Propeller Design Charts. Collection of 21 sets of the Ship Screw propeller Design Chats [Text] / Bulgarian ship hydrodynamics Centre. – Varna, 1983. – 51 p. [in Bulgarian].

13. Stettler J. W. Steady and Unsteady Dynamics of An Azimuthing Podded Propulsor Related to Vehicle Maneuvering / J. W. Stettler. – 2004 [in English].

14. Salvatore F. Description of the INSEAN E779A propeller experimental dataset / [F. Salvatore, F. Pereira, M. Felli and others] // INSEAN (2006). Tech. Rep. 2006-085 [in English].



Пучков Олег
Святославович,
ведущий инж. опытно-
вого бассейна, ассис-
тент каф. теория и
проектирование кораб-
ля им. проф. Ю.Л. Во-
робьева Одесского нац.
морского ун-та.
г. Одесса, ОНМУ, ул.
Мечникова, 34
тел. 048-728-31-42



Головань Андрей
Игоревич,
ассистент каф. судовые
энергетические уста-
новки и техническая
эксплуатация Одесско-
го нац. морского ун-та.
г. Одесса, ОНМУ, ул.
Мечникова, 34
тел. 048-728-31-19