КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
ART 13255 УДК 378.162

Краснокутский Игорь Дмитриевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры теории корабля и гидромеханики ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород
ngtu_pool@mail.ru

«Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева

Аннотация. *В статье кратко описана история создания и современное состояние гидродинамической лаборатории «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного университета. Приведены характеристики оборудования и методики выполнения лабораторных работ. Охарактеризована роль лаборатории в формировании компетенций инженера-кораблестроителя. Описаны примеры использования оборудования лаборатории для проведения экспериментальных исследований в составе магистерских, кандидатских и докторских диссертаций, а также примеры выполнения опытно-конструкторских работ.*
Ключевые слова: *гидродинамическая лаборатория, опытовый бассейн, модели судов, испытания моделей, остойчивость, ходкость, качка, управляемость, ледовые испытания, водоизмещающие суда, суда с динамическими принципами поддержания, глубоководные аппараты, буровые суда и установки.*

Подготовка инженеров-кораблестроителей в Нижнем Новгороде ведётся с 1920 года на материально технической базе и с участием профессорско-преподавательского состава Варшавского политехнического института, эвакуированного в центральную Россию во время первой мировой войны. Министерство торговли и промышленности Временного правительства приняло 6 июля 1916 года решение о переводе Варшавского политехнического института в Нижний Новгород, тем самым заложило фундамент для создания большинства высших учебных заведений Нижнего Новгорода и Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева (НГТУ) в том числе [1]. В то время остро ощущалось отсутствие лабораторной базы, что затрудняло подготовку инженеров-исследователей. Студент Ростислав Евгеньевич Алексеев, будущий создатель отечественных судов на подводных крыльях, накануне Великой Отечественной войны начинал испытания моделей своих катеров путём буксировки в открытой акватории за парусной яхтой [2].

Для подготовки инженеров-технологов использовалась производственная база нижегородских заводов, завода «Красное Сормово» – в первую очередь. В послевоенные годы силами преподавателей и студентов, при материальной и технической поддержке завода «Красное Сормово», в цокольном этаже первого учебного корпуса был удалён грунт и смонтирована чаша опытового бассейна с гравитационной системой буксировки моделей. Проект здания не предусматривал размещения в нём такой лаборатории, поэтому она создавалась на ограниченном пространстве и планировалась для проведения занятий с небольшими группами студентов (не более 12 человек, рис. 1).

Учебные планы послевоенных лет выделяли на проведение лабораторных работ и практических занятий число часов достаточное для того, чтобы дать студентам знания, навыки и опыт, необходимые для инженера исследователя. В лаборатории интенсивно велись не только учебные занятия, но и научно-исследовательские работы по хозяйственным договорам с судостроительными заводами и конструкторскими бюро страны, проводились натурные испытания новых судов и плавучих сооружений.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Рис. 1. Лаборатория «Опытовый бассейн»

Зарабатываемые средства вкладывались в совершенствование технического оснащения лаборатории: появились новые системы буксировки, волнопродуктор и волногаситель, гидролоток, современные преобразователи измеряемых физических величин (датчики), усилители, системы измерения и регистрации параметров, были приобретены станки и инструменты для изготовления моделей, проводились плановые ремонты и техническое обслуживание оборудования. Количество штатных сотрудников лаборатории «Опытовый бассейн» в 1985 году доходило до 25 человек. Персонал имел высокую степень научной и технической подготовки: 1 доктор технических наук, 8 кандидатов технических наук, 5 инженеров исследователей, 5 инженеров электронщиков, 3 высококвалифицированных рабочих и 3 лаборанта.

В настоящее время лаборатория сохранила в рабочем состоянии уникальное оборудование (табл. 1), которое было спроектировано, изготовлено и смонтировано в период с 1950 по 1990 годы. Демонтажу был подвергнут только гидролоток в связи с его моральным и физическим износом. Техническое оснащение лаборатории служит надёжной базой для подготовки бакалавров, специалистов, магистров и кандидатов технических наук по специальности «Кораблестроение и океанотехника». При этом количество сотрудников сократилось до 8 человек, а степень научной и технической подготовки возросла: 2 доктора технических наук, 3 кандидата технических наук, 2 инженера электронщика и 1 лаборант.

Таблица 1

Перечень основного оборудования лаборатории «Опытовый бассейн» НГТУ и его технические характеристики

Наименование оборудования	*Технические характеристики оборудования*
Чаша опытового бассейна (рис. 2)	Изготовлена из стали Ст.3СП путём сварки. Размеры L x B x T: 18000 x 3200 x 1000 (мм)
Гравитационная система буксировки моделей (рис. 3)	Наибольшее допустимое усилие буксировки 30 Н. Длина разгонного участка 5 м. Длина мерного участка 5 метров
Электромеханическая система буксировки моделей на основе коллекторного электродвигателя и трёхступенчатой коробки передач (рис. 4)	Обеспечивается два способа закрепления модели на пилоне буксировочной тележки: – две степени свободы модели относительно тележки в диаметральной плоскости чаши для определения буксировочной кривой на прямом курсе или позиционных гидродинамических характеристик при ходе с дрейфом (вертикальное перемещение и угол дифферента или крена);

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Наименование оборудования	***Технические характеристики оборудования***
	– одна степень свободы относительно вращающегося пилона для определения вращательных характеристик корпуса (вертикальное перемещение). Мощность привода 650 Вт. Привод оборудован трёхступенчатой коробкой передач и обратной связью по скорости движения. Диапазон скоростей буксировки: от 0 до 1,5 м/с
Электромеханическая система система буксировки моделей на основе асинхронного линейного электродвигателя и тиристорого преобразователя частоты (рис. 5)	Возможные способы закрепления модели (см. п. 3). Мощность привода 15 кВт. Привод оборудован обратной связью по скорости движения, системой электрического и механического торможения. Диапазон скоростей буксировки: от 0,3 до 3,5 м/с. Ускорение при разгоне и торможении не более 2 м/с^2
Волнопродуктор (рис. 6)	Волнопродуктор на основе качающихся водоизмещающих клиньев. Позволяет создавать регулярное волнение высотой до 0,15 м и круговой частотой вращения от 3,2 до 7,0 рад×с$^{-1}$. Амплитуда волны зависит от эксцентриситета кулачкового механизма привода и уровня воды в чаше опытового бассейна. Частота волны зависит от напряжения на обмотках якоря и статора приводного электродвигателя
Волногаситель (рис. 2)	Волногаситель на основе пакета неподвижных перфорированных пластин из нержавеющей стали обеспечивает поглощение энергии волнения от 80 до 90 процентов в зависи-мости от частоты и амплитуды волнения
Винтовой динамометр (рис. 7)	Электромеханический комплекс для экспериментального определения гидродинамических характеристик моделей гребных винтов (открытых и в насадке), рулей (не более двух одновременно) и движительно-рулевых комплексов. Диаметр модели гребного винта D = 200 мм, скорость вращения до 1000 об/мин. Привод от коллекторного электродвигателя мощностью 1000 Вт. Измеряемые параметры: – упор гребного винта; – момент на валу гребного винта; – компоненты главного вектора и главного момента гидродинамических сил на рулях и винтовой насадке
Регистрационно-измерительный комплекс	Комплекс преобразователей (датчиков) физических величин в электрические сигналы, кабельных трасс, коммутирующей аппаратуры, усилителей, аналогово-цифровых преобразователей и компьютеров, предназначенный для измерения и регистрации параметров состояния модели. Измеряемые и регистрируемые параметры: – линейные и угловые перемещения модели; – угловые скорости вращения модели; – ускорения заданных точек модели; – аппликаты взволнованной поверхности; – скорость буксировки; – компоненты главного вектора и главного момента сил взаимодействия модели с буксировочной тележкой; – упор гребного винта; – скорость вращения гребного винта; – силы и моменты на рулевом устройстве; – усилия в дополнительных связях (якорные и другие). Кроме этого ведётся кино и фото документирование исследуемого процесса. Регистрационно-измерительный комплекс во время испытаний моделей подвергается процедуре градуировки два раза в день (перед началом записей и после окончания записей измеряемых параметров).

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Наименование оборудования	***Технические характеристики оборудования***
	Градуировка базируется на измерениях, выполняемых с помощью измерительных инструментов и устройств, прошедших метрологическую поверку: индикатор перемещений часового типа, линейка 0–300 мм; линейка 0–500 мм; линейка 0–1000 мм, штангенциркуль 250 мм; весы с пределами измерения 2кг и 20 кг, гири массой от 1 до 100 грамм; динамометр эталонный на сжатие ДОС-1, динамометр эталонный на растяжения ДОР-0,5; квадрант оптический; секундомер двух стрелочный
Балластная система	Балластная система для заполнения и опорожнения чаши опытового бассейна. Состоит из центробежного насоса с приводом от асинхронного электродвигателя и системы трубопроводов, кранов и фильтров, соединённой с системой водоснабжения и ливневой канализации 1-го учебного корпуса НГТУ
Стенд гребных винтов (рис. 8)	Модели судовых гребных винтов (наглядное пособие)
Стенд для измерения геометрии гребного винта	На стенде установлен лопастной гребной винт от СПК «Ракета» и механическая система измерения и регистрации геометрии лопасти
Производственный участок (рис. 9)	На производственном участке установлены станки для механической обработки древесины и металла, используемые для изготовления моделей и технологических устройств: – деревообрабатывающий станок; – токарный металлообрабатывающий станок; – токарный металлообрабатывающий станок; – фрезерный металлообрабатывающий станок; – сверлильный станок; – сверлильный станок; – станки для заточки инструмента; – разметочные плиты; – гильотина для резки металла толщиной до 2 мм (сталь). Кроме этого имеется необходимый ручной инструмент и электроинструмент

В лаборатории используются общепринятые в теории корабля методики проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных [3, 4]. Проводятся лабораторные работы и практические занятия по основным дисциплинам, способствующим формированию профессиональных компетенций инженера-кораблестроителя (механика жидкости и газа, аэромеханика и гидромеханика, основы кораблестроения, статика корабля, качка корабля, сопротивление воды движению судов, судовые движители, управляемость судна). Новомодное слово «компетенция» есть всего лишь заимствованный термин, обозначающий комплекс показателей, по которым оценивается эффективность работы специалиста. Для инженера главнейшими показателями, определяющими уровень его компетенции, как это и было ранее, являются специальные знания, умения и опыт!

В лаборатории «Опытовый бассейн» обучающиеся по магистерским программам, аспиранты и преподаватели создают модели новых плавучих сооружений, проводят эксперименты по определению их гидродинамических характеристик и мореходных качеств, готовят материалы для публикаций и заявок на изобретения. Тему исследований они выбирают самостоятельно по критериям «актуальность» и «новизна». В этом ключ к мотивации инициативной и результативной работы, в ходе которой ими приобретаются не только профессиональные, но и общие компетенции.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Рис. 2 Чаша опытового бассейна, буксировочная тележка с ЛАД и волногаситель

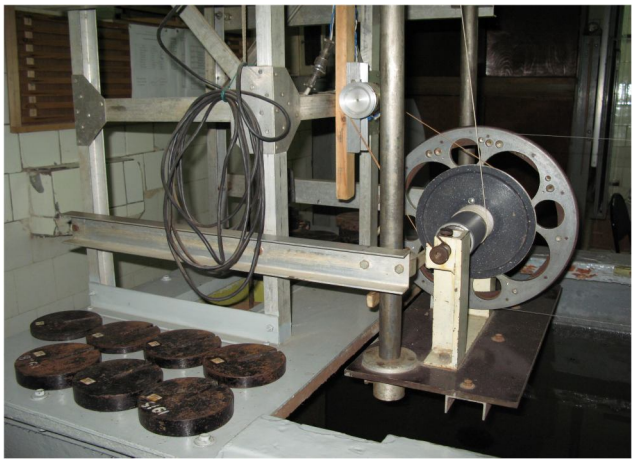

Рис. 3. Гравитационная система буксировки

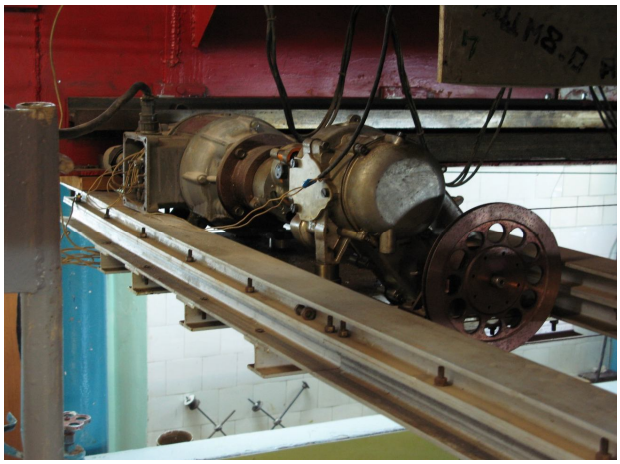

Рис. 4. Электромеханический привод малых скоростей

Рис. 5. Линейный асинхронный электродвигатель (ЛАД) на буксировочной тележке

Рис. 6. Волнопродуктор

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

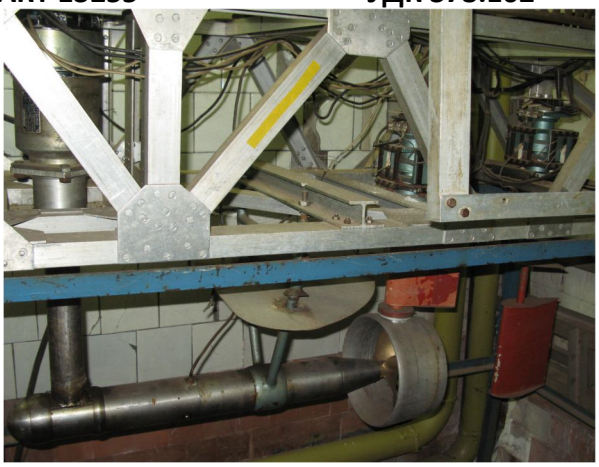

Рис. 7. Винтовой динамометр

Рис. 8. Стенд гребных винтов

Рис. 9. Производственный участок

Малые размеры чаши опытового бассейна (см. табл. 1) ограничивают размеры моделей в пределах 1–1,5 метров и отношение ширины бассейна к длине модели лежит в диапазоне от 3 до 2. Это приводит к значительному влиянию стенок бассейна вследствие интерференции системы волн генерируемых судном (см. рис. 5.1 в [3]). Кроме этого, для обеспечения развитого турбулентного режима в пограничном слое необходимо проводить испытания при $Re > 10^5$ в сочетании с мероприятиями искусственной турбулизации пограничного слоя (установка проволочного турбулизатора на первом теоретическом шпангоуте). Перечисленные факторы являются источником масштабного эффекта, который необходимо оценивать при пересчёте данных модельного эксперимента на натурное судно.

Тем не менее, физическое моделирование гидродинамики судна даже в таких стеснённых условиях позволяет выявлять качественные характеристики новых технических средств, а в ряде случаев, получать количественные характеристики с допустимой погрешностью. Метрологическая экспертиза измерительно-регистрационного комплекса оценивает относительную погрешность буксировочного сопротивления в пределах 5%, параметров волнения и качки в пределах 15%. Измерительно-регистрационный комплекс лаборатории используется и для проведения натурных испытаний судов и плавучих технических средств освоения шельфа. Данные натурного эксперимента служат надёжной основой для оценки адекватности математических моделей динамики плавучих сооружений [5, 6].

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13255 УДК 378.162
Краснокутский И. Д. «Опытовый бассейн» Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – 0,6 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13255.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

В лаборатории определяется дополнительное сопротивление судов при движении в битом льду. Для этого применяются модели битого льда изготовленного из полиэтилена. Размер и форма пластин, а также сплочённость выбираются в соответствии с ледовыми условиями предполагаемого района эксплуатации судна [7, 8]. Выполняются в лаборатории и опытно-конструкторские разработки, в том числе и с участием студентов [9].

В заключение хочется заметить, что возврат к капиталистической системе в девяностые годы и последовавший за этим упадок судостроительной промышленности в России привели к утрате бюджетного финансирования материально технической базы лаборатории. Тем не менее, финансирование государством учебного процесса позволило сохранить коллектив лаборатории, а выполняемые сотрудниками на договорной основе научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы материально обеспечивают сохранение и развитие технического потенциала лаборатории «Опытовый бассейн» НГТУ.

Ссылки на источники

1. Рыбьев В. Б., Полянская Т. Ю. Бывший Варшавский, ныне Нижегородский политехнический институт. Документальное повествование, 1889–1934 годы. Опыт исторического исследования. – Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2007. – 241 с.
2. Алексеева Т. Р. Технология проектирования Р. Е. Алексеева – «Взгляд из прошлого в будущее» // Материалы Всероссийской конференции «Современные технологии в кораблестроительном и энергетическом образовании, науке и производстве». – Н. Новгород, 2006. – С. 179–190.
3. Благовещенский С. Н., Холодилин А. Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах. Том 2. Динамика (качка) корабля. – Л.: Судостроение, 1975. – 176 с.
4. Войткунский Я. И. и др. Справочник по теории корабля. В трех томах. Том 2. Статика судов, качка судов. – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.
5. Ваганов А. Б. Разработка методов расчёта позиционирования плавучих технических средств освоения шельфа в сложных эксплуатационных условиях: дис. … доктора техн. наук. – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2004. – 346 с.
6. Краснокутский И. Д. Метод расчёта удержания полупогружной буровой установки с комбинированной системой позиционирования в море: дис. … канд. техн. наук. – Николаев: НКИ, 1985. – 346 с.
7. Ионов Б. П., Грамузов Е. М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
8. Зуев В. А., Грамузов Е. М., Семенов Д. А. Моделирование ледового сопротивления судов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2011. – № 3. – С. 190–195.
9. Краснокутский И. Д., Семёнов Д. А. Динамометр для измерения воздействия потока жидкости на модель судна / Патент на полезную модель №92184, Россия, 13 июля 2009. Патентообладатель: ГОУ ВПО НГТУ им. Р.Е.Алексеева.

Krasnokutsky Igor,
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the chair of ship theory and hydromechanics, Nizhny Novgorod State Technical University named by R. E. Alekseyev, Nizhny Novgorod
ngtu_pool@mail.ru

“Towing tank” of Nizhny Novgorod State Technical University named by R. E. Alekseyev

Abstract. The author briefly describes the history of creation and the current state of the hydrodynamic laboratory "towing tank" of Nizhni Novgorod State University. There are the characteristics of the equipment and techniques of laboratory work. The author describes the role of the laboratory in the formation of naval engineer competencies; the examples of using laboratory equipment for experimental studies in the master's and doctoral theses, as well as examples of the development work.

Keywords: hydrodynamic laboratory, towing tank, model ships, model tests, stability resistance of the water, pitching, maneuverability, ice tests, displacement vessels, dynamically supported, submersibles, drill ship and unit.

ISSN 2304-120X
12
9 772304 120135

Рекомендовано к публикации:
Горевым П. М., кандидатом педагогических наук, главным редактором журнала «Концепт»