

© В.С. Никитин

© V.S. Nikitin

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КРЫЛОВСКОГО ЦЕНТРА – ОСНОВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОРАБЛЕСТРОЕНИИ

KSRC TEST FACILITIES AS KEY TO PROGRESS IN EXPERIMENTAL SHIPBUILDING STUDIES

УДК 629.5.018

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-3-385-5-8

Научные статьи, входящие в сборник Трудов, который вы держите в руках, отражают объективный факт: Крыловский центр – комплексный научно-исследовательский институт кораблестроения, которому практически невозможно найти аналог не только в нашей стране, но и в мире. Наши специалисты на высочайшем уровне проводят испытания корпусов и моделей перспективных кораблей, формируют и проверяют оригинальные конструкторские решения, исследуют любые конструкционные материалы на прочность при различных видах нагружения, создают объекты принципиально новой энергетики, обосновывают перспективы создания высокоэффективного морского оружия и вооружения, отрабатывают передовые высокие технологии и решают широкий спектр технических и организационно-технических проблем кораблестроения и судостроения. Результаты всех этих работ не могли бы считаться столь значимыми, если бы не максимально точная их верификация с помощью опытно-экспериментальной базы – это, то чем Крыловский центр по праву гордится с момента своего основания, с создания первого Опытного бассейна в России. Сегодня наше предприятие обладает около 85 % экспериментальной базы судостроительной отрасли и постоянно занимается ее совершенствованием. Технологии численного моделирования и виртуальный эксперимент, актуальность активного использования которых рассматривалась во вступительной статье к предыдущему сборнику Трудов, эффективно дополняют возможности практического эксперимента, но не должны – да и не могут! – вытеснить его с передового фронта исследований. Более того, решения о сокращении объема модельных испытаний или о полном отказе от них, принятые из соображений экономии при создании новой морской и военной техники,

могут оборачиваться многомиллионными убытками. В качестве конкретного примера можно привести большой десантный корабль «Иван Грен». Проблема с ходкостью, в том числе на заднем ходе, обнаружилась у него только во время испытаний при выходе в море, поскольку соответствующие предварительные эксперименты в испытательном бассейне не проводились. Ситуация была исправлена специалистами Крыловского центра, но для этого потребовались значительные дополнительные финансовые затраты, а сроки сдачи корабля были сдвинуты почти на год.

Коммерциализация судостроительной отрасли способствует тому, что подобных примеров можно привести более чем достаточно. Заказчики стремятся к экономии, которая в абсолютном большинстве случаев оказывается мнимой, но доказать это на самой ранней стадии формирования проекта удастся не всегда. В результате объем экспериментальных исследований при создании морской техники, кораблей и судов сокращается. Средний уровень загрузки объектов опытно-экспериментальной базы Крыловского центра сегодня составляет менее 60 %. Естественно, на предприятии принимаются все возможные действия для увеличения этого показателя за счет постоянной модернизации и совершенствования испытательных стендов и гидродинамических лабораторий. За последние 5 лет в эти объекты было инвестировано более 5 млрд руб., при этом более 50 % составили собственные средства. Это позволило, во-первых, более чем на 25 % увеличить объемы работ научного центра (с 5,6 млрд руб. в 2015 году до 7,1 млрд руб. в 2017 году), и, во-вторых, снизить долю бюджетных работ, финансируемых по госпрограммам (с 60 % в 2015 году до 32 % в 2017 году), в сторону заказов Министерства обороны и коммерческих заказчиков.

При этом простаивают такие уникальные устройства, как стенд для экспериментальных исследований и испытаний оборудования и систем гибридных энергетических установок с электрохимическими генераторами и химическими источниками тока, стенд для исследования виброшумовых характеристик крупномасштабных моделей, стенд прочностных и ресурсных испытаний экспериментальных образцов обтекателей антенн гидроакустических систем надводных кораблей и др. Казалось бы, что может быть проще: взять и законсервировать это оборудование, не приносящее прямой прибыли. Но здравый смысл, равно как и весь опыт отечественного кораблестроения, подсказывают, что период стремления к ложной экономии не может продолжаться долго, что завтра потребуются и те экспериментальные исследования, которые были незаслуженно забыты. Расконсервировать сложное оборудование без потерь и быстро вернуть в строй практически невозможно. Чтобы избежать этого, Крыловский центр представил перечень минимально необходимых объемов испытаний вооружения и военной техники на всех этапах жизненного цикла, а также предложения о выделении ежегодных субсидий на возмещение затрат на содержание незагруженных объектов опытно-экспериментальной базы. Такое субсидирование могло бы предоставляться и другим научным организациям, имеющим балансовую стоимость объектов опытно-экспериментальной базы не менее 50 % от общей балансовой стоимости основных средств.

Следует, однако, учитывать, что все то же стремление к сокращению издержек наряду с пониманием важности натурных испытаний при создании объектов новой техники в последние годы приводят к тому, что организации, занимающиеся подобными исследованиями, стараются проводить такие работы своими силами, создавая соответствующие объекты опытно-экспериментальной базы на собственных площадках. Это касается и крупных корпораций, реализующих масштабные проекты в области морской деятельности. Такие объекты зачастую создаются на бюджетные деньги, но при этом являются лишь упрощенной копией того уникального оборудования, которое имеется в Крыловском центре. В этой ситуации, прежде всего, следует:

- при проведении испытаний на всех этапах жизненного цикла технических объектов морской деятельности рассматривать Крыловский центр как центр коллективного пользования для всех заинтересованных организаций;
- проводить экспертизу инвестиционных проектов технического перевооружения предприятий с це-

лью исключения из них объектов испытательной базы, уже имеющих действующие аналоги;

- заключать соглашения об использовании возможностей Крыловского центра как центра коллективного пользования с крупными корпорациями, планирующими реализацию проектов в области морской деятельности.

Все эти меры полностью оправданы составом и комплектацией испытательных стендов и гидродинамических лабораторий нашего предприятия – такого универсального, всеобъемлющего подхода к практическому эксперименту в кораблестроении и в судостроении не может предложить ни один другой исследовательский центр. Так, испытания гидродинамических свойств кораблей, судов, платформ и других инженерных сооружений проводятся в 10 бассейнах, включая самый современный в мире ледовый. Рассмотрим исследования, проводимые в этой области, на примере статей, включенных в данный сборник. Открывается он продолжением цикла работ, посвященных применению новой альтернативной системы коэффициентов взаимодействия для оценки ледовой ходкости ледоколов и судов на мелководье во льдах. Ранее авторами была продемонстрирована эффективность применения новой системы коэффициентов взаимодействия для расчета тяговых характеристик, потребляемой мощности и частоты вращения движителей при движении ледокола в сплошных и битых льдах. Полученные результаты были использованы для определения влияния мелководья на ходовые качества многовального ледокола.

В следующей статье приведены предложения по совершенствованию действующих требований Правил Регистра к ледовым усилениям судов ледового плавания в части регламентации расчетных ледовых нагрузок. Предлагаемые изменения при сохранении неизменным общего уровня требований к ледовой прочности помогут достичь снижения расчетных ледовых нагрузок и как следствие металлоёмкости конструкций ледовых усилений для перспективных в настоящее время крупнотоннажных судов и ледоколов нового типа.

Не менее интересны и другие публикации о разработках в области гидродинамики. На международных научных форумах постоянно ведется дискуссия по поводу наиболее корректной схемы определения коэффициента попутного потока для водометного движителя. Специалистами Крыловского центра разработан способ пересчета модельных испытаний на натуре, изложены принципы корректировки коэффициента попутного потока при таком переходе и представлен пример пересчета результатов мо-

дельных испытаний на натуре. А для моделей судов с двигателем типа винт в насадке предложена схема приближённого пересчёта данных самоходных испытаний. Показано, что для уточнения методов проектирования движительных комплексов винт в насадке необходимо оценивать и учитывать радиальный снос потока за корпусом судна.

Прочность конструкций надводных кораблей, а также подводных лодок, глубоководных аппаратов и подводной робототехники подтверждается путем экспериментальных исследований, выполняемых на стендах Крыловского центра. Расчеты прочности глубоководной техники выполняются с учетом реологических свойств материалов, определяемых при различных условиях нагружения. Специалисты Крыловского центра разработали метод оценки влияния времени на упругопластическое деформирование металлических материалов, позволяющий, в частности, оценить склонность материала к ползучести. С его помощью был получен большой объем экспериментальных данных, а также было установлено хорошее соответствие с результатами стандартных испытаний на ползучесть. По сравнению со стандартными методами испытаний на ползучесть предлагаемый метод требует значительно меньшего времени, количества образцов и экспериментальных установок. Благодаря ему выполнена оценка влияния предварительного деформирования того и иного знака на свойства ползучести и показано увеличение склонности материала к ползучести после деформирования.

Экспериментальные данные являются основой для решения многих вопросов взрывостойкости корпусных конструкций. Для ряда элементов, в частности для широко применяемых в кораблестроении многопреградных конструкций, такие данные практически отсутствуют. В статье по этой проблематике на основе эксперимента рассматриваются актуальные вопросы взрывостойкости и разрушения многопреградных конструкций при контактном подводном взрыве. Приведены экспериментальные данные, характеризующие влияние воздушной камеры, камеры с водой, а также конструктивных параметров опытных конструкций на размеры разрушения преград. Показано, что применение в составе многопреградных конструкций двухфазной газожидкостной среды пузырьковой структуры позволяет в условиях контактного подводного взрыва существенно уменьшить размеры разрушений преград и повысить взрывостойкость многопреградной конструкции в целом.

Корабельная энергетика сегодня привлекает особое внимание специалистов, поскольку именно благодаря ее совершенствованию становится воз-

можным значительное улучшение таких качеств судна, как экономичность, экологичность и производительность, что очень важно в условиях все возрастающей конкуренции. Скрытое от персонала развитие эксплуатационных дефектов (вплоть до наступления критической стадии) является основной причиной отказов и аварий судовых двигателей. Многолетний опыт проведения НИОКР в области обеспечения надежности сложных энергомеханических систем дал возможность авторам статьи, представляющей собой анализ эксплуатационных дефектов судовых дизельных и газотурбинных двигателей, установить основные причины отказов оборудования. Можно утверждать, что развитие и совершенствование методов и средств эксплуатационной диагностики и предремонтной дефектации судовых дизелей и морских газотурбинных двигателей позволит оптимизировать перечень задач, решаемых системами централизованного контроля и мобильной диагностической аппаратурой, улучшить обслуживание двигателей и снизить вероятность отказов и аварий.

Разработчиков газотурбинных двигателей и проектантов морских объектов, оснащаемых газотурбинными энергетическими установками, интересуют результаты исследований статьи, в которой приводятся закономерности влияния различных факторов, таких как температура, солевая нагрузка, на скорость разрушения этих материалов. Изучение этих процессов призвано уменьшить их негативное влияние. Рассмотрена возможность дальнейшего улучшения параметров судовых газотурбинных двигателей от работоспособности жаростойких материалов в условиях солевой коррозии основных элементов газовых турбин, предложены многочисленные экспериментальные данные по коррозионной стойкости достаточно широкой номенклатуры жаропрочных материалов, используемых в газотурбостроении.

Результаты, приведенные в других статьях раздела «Судовые энергетические установки», могут быть использованы при выполнении конструкторских и проектных работ по созданию или модернизации электротехнических и радиоэлектронных систем. Определены индуктивность удлиненных соленоидов и электродинамические силы на секции ротора линейного синхронного двигателя, предложены основы методики расчета волногенератора поплавкового типа.

В материале, посвященном развитию воздухонезависимой энергетики, приведена оценка перспективности применения воздухонезависимых энергетических установок с литий-ионными аккумуляторными батареями в подводном кораблестроении.

Создание малошумных подводных лодок и кораблей вызывает необходимость натуральных экспериментов по таким направлениям, как снижение первичного и вторичного акустического полей морской техники, уменьшение помех работе гидроакустических станций, создание малошумного корабельного и промышленного оборудования, а также разработка современных средств акустической защиты. Все эти исследования, проводимые в Крыловском центре, требуют серьезнейших теоретических изысканий. В данном сборнике выполнен обзор методов акустического проектирования кораблей, разработаны предложения по совершенствованию таких методов, приведены примеры практического использования методологии акустического проектирования для создания малошумных научно-исследовательских судов. Также приведен подробный анализ истории создания и развития кораблей измерительного комплекса – кораблей слежения за космическими объектами и обнаружения пусков межконтинентальных баллистических ракет, который будет полезен при оценке возможностей применения новейшей техники при проектировании отечественных кораблей такого типа. А в статье, раскрывающей результаты расчетно-экспериментальных исследований резино-металлического виброизолятора ЭСА-100 при повышенных статических нагрузках, детально показаны возникающие изменения его динамических характеристик в зависимости от возможных условий эксплуатации. Полученная в результате исследований эмпирическая формула расчета коэффициента увеличения динамической жесткости виброизолятора может быть использована при выполнении оценок распространения колебательной энергии от работающих виброизолированных механизмов в окружающую среду. На практике полученные зависимости оказываются особенно эффективными при обработке результатов виброакустических измерений в ходе контроля судовых механизмов и оборудования на заводских стендах, где стендовые виброизоляторы могут испытывать статическую нагрузку от веса механизма, превышающую номинальную в 2–3 раза.

Наконец, еще одна статья сборника рассматривает задачу прогнозирования изменения производственно-экономического потенциала, например, коммерческого транспортного или промышленного флота, при различных стратегиях эксплуатации судов за время полного срока их службы. Предложен современный подход к технико-экономическому анализу при управлении жизненным циклом продукции судостроения. При этом также решается задача своевременного списания неэффективной устаревшей морской техники и пополнения флота новыми судами.

Такая стратегия должна минимизировать риски неоправданных финансовых затрат на создание морально устаревшего и содержание изношенного флота при условии обеспечения заданной численности эксплуатируемых судов.

Если же говорить об обновлении военного флота, то нельзя не упомянуть еще об одной проблеме, напрямую связанной с особенностями эксплуатации опытно-экспериментальной базы в отечественном кораблестроении. В настоящее время в составе ВМФ отсутствуют полноценные опытовые платформы или специализированные суда (корабли). Это обстоятельство не позволяет планировать сдачу вновь создаваемых образцов оружия и вооружения до начала строительства головных, а иногда и серийных кораблей. Здесь также можно привести конкретный пример: фрегат проекта 22350 «Адмирал Горшков», головной корабль серии, спущенный на воду в 2010 году, принят в состав ВМФ только в 2018 году после завершения испытаний одного из опытных образцов вооружения – зенитного ракетного комплекса «Полимент-Редут». При этом на «Адмирале Горшкове» были испытаны 15 опытных образцов специальной техники и систем! Необходимо снять это бремя с боевых кораблей, создав опытовую платформу для отработки нового вооружения, военной и специальной техники. Тем более, что успешный опыт создания таких объектов в отечественном кораблестроении уже есть – достаточно вспомнить переоборудованную АПЛ проектов «Аксон-1», «Аксон-2», позволявшую отрабатывать электронное вооружение подводных лодок нового поколения, в частности, гидроакустический комплекс «Скат-3».

Это лишь один из вариантов дальнейшего развития экспериментальных исследований в российской кораблестроительной науке. Кроме того, можно отметить острую необходимость создания и испытания крупномасштабных моделей для отработки ключевых технологий при создании наиболее сложных кораблей и подводных лодок, а также актуальность и логичность введения в состав экспериментальной базы тренажерных стендов (роль полномасштабных тренажерных комплексов могут выполнять не только ныне действующие тренажеры Крыловского центра, но и выведенные из боевого состава корабли). Но по какому бы пути не пошла эволюция отечественного натурального эксперимента в кораблестроении, Крыловский центр останется лидером в этой области. А лучшие результаты наших научных исследований и разработок, в том числе подкрепленных экспериментальными данными, мы всегда будем представлять нашим читателям в очередных сборниках Трудов.