

© Ж.И.Алфёров, Н.П.Лавёров, А.А.Саркисов, Е.И.Якушенко<sup>1</sup>, А.А.Родионов<sup>2</sup>, Б.Н.Филин, 2012

<sup>1</sup>Военно-морской инженерный институт (филиал) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН

## **ТОРЖЕСТВЕННОЕ СОБРАНИЕ УЧЕНЫХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, СПЕЦИАЛИСТОВ ВМФ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВЕТЕРАНОВ, ПОСВЯЩЕННОЕ 70-ЛЕТИЮ СЛУЖБЫ ЗАЩИТЫ КОРАБЛЕЙ ПО ФИЗИЧЕСКИМ ПОЛЯМ ВМФ<sup>1</sup>**

В Санкт-Петербурге 7 и 8 октября 2011 г. состоялось торжественное собрание ученых РАН, вузов, специалистов ВМФ и организаций промышленности, а также ветеранов флота, посвященное 70-летию создания в стране службы защиты кораблей ВМФ по физическим полям. Сопредседателями Организационного комитета являлись академики Ж.И.Алфёров, Н.П.Лавёров и А.А.Саркисов. С докладами и сообщениями выступили акад. А.А.Саркисов, д-р техн. наук В.Н.Пархоменко, д-р техн. наук В.Л.Маслов, канд. техн. наук Ю.М.Патраков, чл.-кор. РАН Е.И.Якушенко, д-р техн. наук Ю.В.Гурьев, д-р техн. наук А.А.Родионов, канд. физ.-мат. наук Б.Б.Дьяков, акад. Э.С.Горкунов, канд. физ.-мат. наук С.М.Задворкин, А.Н.Мушников и др. В докладах освещались история создания, современное состояние и перспективы развития средств и систем защиты кораблей. Было отмечено, что созданные в начале войны группой ученых Ленинградского физико-технического института под руководством А.П.Александрова станции размагничивания кораблей на Балтийском, Черноморском и Северном флотах явились прообразами будущих эффективных систем защиты кораблей ВМФ. Чтобы понимать значимость этого события, обратимся к истории. В послевоенное время работы по защите кораблей в области физических полей значительно расширились, что связано в первую очередь с развитием радиоэлектронных средств обнаружения, совершенствованием всех видов морского оружия, автоматизацией управления, оснащением кораблей и подводных лодок ядерными энергетическими установками.

Проблемы защиты кораблей от средств поражения противника наряду с вопросами разработки и применения оружия были главными как для кораблестроителей, так и для флотоводцев с момента зарождения военно-морских флотов мира. В начале XX столетия с развитием науки и техники в военном деле стали появляться средства обнаружения и уничтожения кораблей, основанные на новых физических принципах. После 1918 г. мировой флот стал вооружаться неконтактными минами и торпедами, которые реагировали на электромагнитное, акустическое и гидродинамическое поля кораблей.

С 1923 г. в СССР началось создание торпедных неконтактных взрывателей (НВ). С этой целью проводились многочисленные замеры магнитных полей различных кораблей. На основе полученного экспериментального материала разрабатывалось несколько образцов НВ. В 1940–1941 гг. успешно прошел испытания и был принят на вооружение помехоустойчивый магнитодинамический неконтактный взрыватель генераторного типа.

Логика развития методов вооруженной борьбы на море диктовала необходимость противостоять новым средствам обнаружения и уничтожения надводных кораблей и подводных лодок.

---

<sup>1</sup> Публикуется по материалам «Вестник Российской академии наук», 2012, т.82, № 7.



Президиум торжественного собрания.

Слева направо: чл.-кор. РАН Е.И.Якушенко, акад. Э.С.Горкунов, д-р техн. наук А.А.Родионов, акад. А.А.Саркисов, акад. Е.Б.Александров, контр-адмирал Е.Я.Бузов.

Планомерная работа в области защиты кораблей от подрыва на магнитных минах развернулась в СССР в 1936 г. и началась с создания методов размагничивания, когда в связи с началом проектирования крупных боевых кораблей командование ВМФ поставило перед наркоматами тяжелой и оборонной промышленности вопрос об обеспечении этих кораблей защитой от неконтактного минно-торпедного оружия. В Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ), входившем тогда в систему Наркомтяжпрома, была сформирована группа защиты кораблей от неконтактных магнитных и индукционных мин, а также торпед. Группой руководил А.П.Александров. Этой же проблемой занимался и Научно-исследовательский минно-торпедный институт ВМФ.

Значительную роль в выборе направления исследований и разработке их технического оснащения сыграл Б.А.Гаев – ученый, инженер, изобретатель в области минного оружия, вскоре присоединившийся к группе А.П.Александрова. Одним из первых результатов стало изобретение способа размагничивания кораблей (система ЛФТИ), датируемое 1938 г. (авторское свидетельство на этот способ в силу секретности было выдано только в 1945 г.). Монтаж, испытания системы, опытные работы прошли на линкоре «Марат». Необходимо отметить, что результаты испытаний на крупном боевом корабле были впервые получены именно в Советском Союзе. Аналогичные исследования в Англии были выполнены только в ноябре 1939 г.

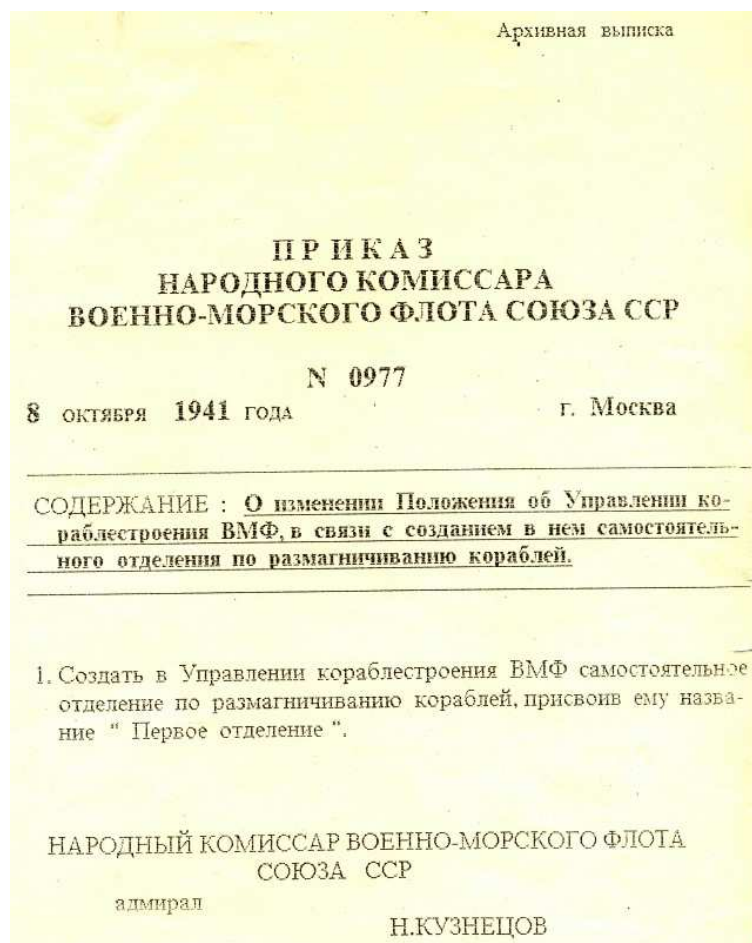
Уже с 1939 г. в нашей стране к работе по защите кораблей в полной мере подключились головные судостроительные научно-исследовательские организации. К концу 1940 г. группой А.П.Александрова были разработаны технические задания на оборудование боевых кораблей размагничивающими устройствами.

В августе–сентябре 1939 г. ЛФТИ вошел в состав АН СССР. Причиной этого стало письмо директора института академика А.Ф.Иоффе в Президиум Академии наук с информацией о проводимых оборонных исследованиях и предложением о включении их в план АН СССР, что и было сделано. С тех пор эти работы шли уже под эгидой Академии наук.

К началу Великой Отечественной войны метод и система размагничивания корпусов кораблей из ферромагнитных материалов, намагничивающихся в магнитном поле Земли при строительстве, были отработаны до практического применения. На несколь-

ких кораблях в опытным порядке были установлены системы ЛФТИ. Однако специалистов по размагничиванию кораблей было мало, установкой средств занималась небольшая группа сотрудников ЛФТИ (около 10 человек) и нескольких офицеров из Научно-технического комитета ВМФ (НТК ВМФ), работавших совместно с лабораторией А.П.Александрова.

Как выяснилось, немцы уже с 18 июня 1941 г. приступили к установке минных заграждений на Балтике, стремясь заблокировать корабли нашего военного флота в базах. В ночь с 21 на 22 июня магнитные мины появились на подступах к Севастополю и другим черноморским портам. Они были также обнаружены на Севере, возле Архангельска и Мурманска. Начались потери кораблей наших военных флотов. Проблема противоминной защиты стала рассматриваться как задача стратегического значения и превратилась в предмет повседневной заботы руководства Военно-Морского Флота СССР. Приказом Народного комиссара ВМФ от 8 октября 1941 г. № 977 в Управлении кораблестроения ВМФ было сформировано самостоятельное отделение по размагничиванию кораблей.



Архивная выписка из приказа Народного комиссара ВМФ СССР о создании организационной структуры, положившей начало Службе защиты кораблей по физическим полям.

На директоров судостроительных заводов возлагалась ответственность за монтаж размагничивающих устройств, объявлялась мобилизация по использованию всех запасов кабеля, были выданы требования к изготовлению кабеля на заводах «Севкабель» (г. Ленинград) и «Москабель» (г. Москва) и на его импорт.

С первых дней войны А.П.Александров стал привлекать сотрудников института к работе по размагничиванию кораблей. Обучение методам измерения магнитных полей, расчетам ампер-витков обмоток системы защиты происходило в Кронштадте непосред-

ственно на размагничиваемых кораблях. В связи с тем что пополнение состояло из квалифицированных физиков, обучение длилось всего несколько дней.

Необходимость организации работ по защите кораблей на всех флотах потребовала разделения группы А.П.Александрова на части, каждая из которых должна была срочно выехать на базу соответствующего флота обязательно вместе с одним или несколькими офицерами ВМФ, знакомыми с системами ЛФТИ.

Важно также отметить, что в результате взаимодействия с английскими специалистами на Черноморском флоте в 1941 г. группой сотрудников ЛФТИ с участием А.П.Александрова и И.В.Курчатова было освоено безобмоточное размагничивание, которое впоследствии применялось в первую очередь для подводных лодок, а также для боевых надводных кораблей. В то время в Кронштадте метод безобмоточного размагничивания на подводных лодках отрабатывал В.М.Тучкевич со своими специалистами. В дальнейшем этот опыт был перенесен и на другие флоты.

Работы по размагничиванию кораблей, по воспоминаниям участников, проходили в тяжелых боевых условиях, под артиллерийским и бомбовым обстрелом. Созданная противоминная защита позволила сохранить тысячи жизней морякам и обеспечить успешные боевые действия на всех флотах и флотилиях в ходе войны.

Успеху работ способствовало тесное взаимодействие ученых ЛФТИ с офицерами службы размагничивания, старшинским и рядовым составом ВМФ, самоотверженно выполнявшими свой долг. Кроме того, на ученых лежали обязанности по созданию детальных инструкций, руководств и нормативов, а также руководство всем комплексом работ. Здесь большую роль сыграли теоретические расчеты магнитных полей кораблей, систем обмоток и стендов будущего Нобелевского лауреата по физике И.Е.Тамма (в годы войны он являлся сотрудником Казанского филиала ЛФТИ).

Эффективное решение задачи защиты кораблей от магнитных мин стало одной из крупнейших разработок советской науки и техники, выполненных в предвоенные годы и сыгравших важную роль во время войны. Вклад многих участников исследований был высоко оценен руководством страны: они были удостоены правительственных наград. Имена основоположников защиты кораблей по физическим полям не забыты.

Это выдающиеся ученые А.П.Александров, И.В.Курчатова, Б.А.Гаев, В.А.Иоффе, Ю.С.Лазуркин, Л.М.Неменов, А.Р.Регель, В.Р.Регель, П.Г.Степанов, В.М.Тучкевич, Г.Я.Щепкин; специалисты флота А.Е.Брыкин, И.Б.Гинзбург, Б.Е.Годзевич, Л.С.Гуменюк, И.В.Климов, А.П.Латышев, М.А.Оболенский, В.Д.Панченко, П.П.Поляков, Г.А.Самонян, Б.А.Ткаченко, М.Г.Фролов; специалисты промышленности и научных организаций М.М.Бредов, А.А.Кортиковский, Е.Е.Лысенко, Д.И.Филиппов, И.М.Шмушкевич, К.К.Щербо.



А.Р.Регель, Ю.С.Лазуркин, И.В.Курчатова (слева направо) в период работ по размагничиванию кораблей Черноморского флота. Ноябрь 1941 г.

В конце Великой Отечественной войны Служба защиты кораблей оформилась в самостоятельную флотскую структуру. Центральное руководство осуществлялось отделением Управления кораблестроения ВМФ. Научно-исследовательские работы в области размагничивания кораблей курировались магнитной секцией НТК ВМФ. На флотах при технических управлениях были созданы отделения размагничивания с соответствующими средствами контроля.

В память о деятельности ученых ЛФТИ в 1941 г. по размагничиванию кораблей Черноморского флота 11 июня 1976 г. на территории Севастопольского высшего военного инженерного училища (начальник училища вице-адмирал А.А.Саркисов) в присутствии президента Академии наук СССР академика А.П.Александрова и участников этих работ П.Г.Степанова, Ю.С.Лазуркина, К.К.Щербо, командования Военно-Морского Флота СССР, руководителей и представителей общественности г. Севастополя был открыт памятный знак. В настоящее время он включен в реестр произведений монументального искусства, охраняемых украинским государством.



Памятный знак, посвященный участникам размагничивания кораблей Черноморского флота в годы Великой Отечественной войны.



На церемонии открытия памятного знака. Июнь 1976 г.

Справа налево: начальник ГУК ВМФ вице-адмирал А.Ф.Филонович, президент АН СССР акад. А.П.Александров, заместитель главкома ВМФ по кораблестроению и вооружению адмирал П.Г.Котов, командир первой АПЛ К-3 контр-адмирал Л.Г.Осипенко, вице-адмирал А.А.Саркисов.

Дальнейшие исследования проводились в созданной Постановлением Совета Министров СССР от 21 июня 1952 г. Магнитной лаборатории Института физических проблем им. С.И.Вавилова. Руководил этой лабораторией профессор МГУ, заведующий кафедрой физики магнитных явлений МГУ, д-р физ.-мат. наук Е.И.Кондорский.

К наиболее значимым физическим полям кораблей кроме магнитного относятся и другие поля электромагнитной группы – электрическое, низкочастотное электромагнитное, вторичное радиолокационное, вторичное оптиколокационное, тепловое (инфракрасное излучение), а также гидроакустическое, гидродинамическое, параметры возмущений гидрофизических полей морской среды, проявляющиеся в окружающем корабль пространстве.

Обеспечение скрытности и защиты кораблей по физическим полям является приоритетной наукоемкой проблемой для флотов стран с высоким уровнем развития технологий. Поэтому задачи снижения искусственных физических полей, обеспечения скрытности и маскировки кораблей всегда стояли и стоят до сих пор перед промышленностью, наукой и флотом нашей страны. Для разработки методов и средств обеспечения скрытности и снижения заметности кораблей ВМФ по физическим полям в научно-исследовательских организациях промышленности, Военно-Морского Флота и институтах Академии наук создавались соответствующие организационные структуры.

Важную роль сыграло открытие в феврале 1951 г. при АН СССР Минно-торпедной секции, преобразованной в 1952 г. в Секцию минно-торпедного оружия и защиты кораблей, а затем в Морскую гидрофизическую секцию при Президиуме АН СССР, задачей которой было изучение принципов обнаружения и уничтожения якорных и донных мин на расстоянии, а также разработка эффективных средств защиты от современных контактных мин и торпед. Возглавить Секцию было поручено доктору технических наук вице-адмиралу А.Е.Брыкину. В 1964 г. она была преобразована в Секцию прикладных проблем при Президиуме АН СССР для проведения фундаментальных и поисковых исследований во всех видах Вооруженных Сил страны.

Под научным руководством Секции в интересах обеспечения скрытности и снижения заметности кораблей ВМФ институтами АН СССР и Минсудпрома СССР был выполнен большой комплекс научно-исследовательских работ. Основными из них являлись:

- разработка теории и методов защиты кораблей от современных гидродинамических мин и торпед;
- разработка принципов искажения гидродинамического поля корабля;
- разработка метода расчета гидродинамического поля корабля при больших скоростях;
- разработка способов изменения интенсивности гидродинамических давлений, возникавших при движении корабля, и изыскание средств конструктивной защиты кораблей от современных мин, реагирующих на изменение интенсивности гидродинамического поля корабля;
- изыскание принципов и разработка конструкции трала для траления гидродинамических мин;
- разработка методов защиты кораблей от современных магнитных, индукционных и электромагнитных мин и торпед;
- разработка теории магнитного моделирования кораблей;
- составление карт изодинам вертикальной и горизонтальной составляющих магнитного поля Земли;
- разработка методики расчета магнитных полей разомкнутых электромагнитных тралов (поверхностных, заглубленных) с учетом проводящего и непроводящего грунта;

- исследование широтных изменений магнитного поля корабля в районах магнитных аномалий на морских театрах СССР;
- разработка методов и аппаратуры подводного видения для обнаружения мин;
- разработка теории и методов защиты кораблей от современных акустических мин и торпед.

Перечислим основные результаты, полученные при решении проблемы защиты кораблей от минного и торпедного оружия вероятного противника в шестидесятых-семидесятых годах. В области снижения магнитных, электромагнитных и электрических полей были определены основные источники и уровни этих полей у отечественных кораблей. Предложены некоторые рекомендации по снижению магнитных полей (замена стали для некоторых элементов конструкций на другие немагнитные материалы, например, на титан), для снижения электромагнитных и электрических полей было предложено применять экранирование источников излучения. Основное внимание уделялось совершенствованию корабельных и стационарных систем размагничивания кораблей, а также систем контроля уровней магнитных полей. Все эти результаты практически обеспечили поддержание и контроль уровней магнитных полей корабля на уровне естественного магнитного поля Земли, что обеспечило его защищенность от магнитных мин. В области снижения гидроакустических полей основное внимание уделялось изучению гидроакустических полей подводных лодок с целью снижения их акустической заметности. Были изучены все источники шума (различные механизмы, агрегаты, насосы и прежде всего главный турбозубчатый агрегат), а также гребные винты. По всем источникам шума проводились исследования и конструкторские разработки, в результате которых были предложены конкретные решения, обеспечившие значительное снижение акустической заметности подводных лодок. На снижение уровней собственных гидроакустических полей положительно сказались результаты исследований по снижению гидродинамического сопротивления корпусов подводных лодок. В области снижения гидродинамических полей корабля проблема оказалась практически нерешенной. Исследовались различные возможные пути уменьшения или искажения гидродинамических полей: изменение формы подводной части корабля, буксировка под кораблем (тральщиком) вращающегося цилиндра или крыльев, использование под кораблем электрических разрядов (микровзрывов) и некоторые другие «экзотические» способы. Например, для обеспечения выхода кораблей из порта или преодоления минноопасного мелководного района было предложено использовать специально созданные суда-волнообразователи. Создаваемое такими судами мощное волновое поле существенно искажало гидродинамическое поле корабля и обеспечивало его защиту от гидродинамических мин. Однако более радикальным был признан предложенный в Институте гидродинамики СО АН СССР (акад. М.А.Лаврентьев) способ уничтожения любых мин на фарватере шнуровым зарядом, укладываемым на дно перед проходом кораблей.

Параллельно с завершением (в основном) исследований и разработок по проблеме защиты кораблей от неконтактных взрывателей минного и торпедного оружия перед Академией наук СССР и промышленностью Военно-Морским Флотом была поставлена проблема значительного снижения гидродинамического сопротивления подводных лодок и торпедного оружия.

В различных организациях рассматривались все возможные способы снижения гидродинамического сопротивления тел (ламинаризация турбулентного пограничного слоя с помощью его отсоса, нагрева, впрыска в пограничный слой растворов неньютоновских жидкостей и газовых пузырьков, электрических полей и др.). Итоги выполненных работ частично использовались в процессе конструкторских разработок подводных лодок и торпед.

В качестве другого, более эффективного способа значительного снижения сопротивления для торпед и подводных ракет, рассматривался способ использования режима развитого кавитационного обтекания. В это время в Филиале ЦАГИ активно велись исследования по созданию высокоскоростной кавитирующей ракето-торпеды. Исследователи и разработчики ракето-торпеды столкнулись со значительными трудностями по обеспечению перехода торпеды с разгонного режима на маршевый. Такие исследования были проведены на моделях с работающим гидрореактивным двигателем в гидроканале ЦАГИ. Было показано, что запуск двигателя в кавитационной каверне приводит к нарушению каверны и, как следствие, возникновению больших нерасчетных гидродинамических сил, потере устойчивости объекта. Анализ полученных результатов позволил Г.В.Логвиновичу предложить принципиально новый единый стартово-маршевый двигатель, обеспечивающий нормальный переходный режим.

Дальнейшие исследования продолжались на испытательной базе ЦАГИ на Московском море с использованием разработанного и изготовленного в ЦАГИ полунатурного (диаметром 205 мм) образца кавитирующей торпеды. Там же на огневом стенде был отработан полунатурный образец единого двигателя. Полунатурные испытания завершились успешно, торпеда прошла всю дистанцию. Эти испытания позволили разработчикам натурного образца в НПО «Регион» внести необходимые конструкторские изменения и прежде всего отработать натурный единый стартово-маршевый двигатель.

Необходимо отметить большую роль академических научных советов как основных координирующих звеньев в обеспечении взаимодействия фундаментальной и прикладной науки, а также в эффективном использовании научных достижений в строительстве подводных лодок при создании для них новых образцов техники и вооружения.

Особая роль среди таких советов принадлежала Научному совету при Президиуме АН СССР по комплексной проблеме «Гидрофизика», образованному в 1967 г. На него с самого начала была возложена координация исследований по наиболее наукоемким проблемам фундаментального и прикладного характера, касающимся интересов флота. Первым председателем совета стал академик Б.П.Константинов, позднее его возглавляли академики А.П.Александров, А.В.Гапонов-Грехов, а в настоящее время им руководит академик Р.И.Нигматулин. Заместителями председателя всегда назначались руководители ВМФ, Минсудпрома и Госстандарта СССР. В разное время на этих постах были П.Г.Котов, Ф.И.Новоселов, И.С.Белоусов, Г.П.Воронин.

Создание мощного атомного подводного флота выдвинуло в качестве первоочередной проблему обеспечения скрытности подводных лодок. Так возникла потребность разработки научных принципов проектирования и строительства подводных лодок, обладающих минимальными демаскирующими факторами. Обеспечение скрытности, так же как и разработка эффективных средств обнаружения подводных лодок, оказалось чрезвычайно сложной задачей, для решения которой необходимо было осуществить широкую программу фундаментальных, прикладных и поисковых исследований.

Из основных направлений исследований, которые велись в рамках этой программы, можно выделить:

- изучение гидроакустического, электромагнитного, сейсмического и гидрофизического полей подводной лодки в различных диапазонах частот;
- изучение процессов, возникающих при прохождении подводной лодки, на поверхности, в приповерхностном слое и в толще океана;
- разработку физических принципов создания гидроакустических и неакустических средств, предназначенных для обнаружения малошумных атомных подводных лодок, как в удаленных районах Мирового океана, так и в ближних морских зонах; формирование физических основ создания корабельных, авиационных и космических систем обнаружения ПЛ по возмущениям всех сопутствующих им физических полей.

Несмотря на то что в последние десятилетия получили развитие методы поиска и обнаружения подводных лодок по полям гидротермодинамической природы, гидроакустическое поле остается важнейшим демаскирующим и классификационным признаком корабля. В период конструирования атомных подводных лодок первого и второго поколений практически отсутствовали научно систематизированные знания о процессах формирования подводного шума лодок, путях передачи на корпус вибрационной энергии, закономерностях звукоизлучения корпусных конструкций, контактирующих с забортной водой и осциллирующих под действием источников механического или гидродинамического происхождения. Эта система знаний, ставшая впоследствии научной основой формирования методов и средств снижения подводного шума лодок, получила позднее наименование физико-математической модели (ФММ) формирования подводного шума подводной лодки.

Поэтому при решении задач обеспечения требуемых минимальных уровней шумности кораблей первоочередными направлениями фундаментальных и прикладных исследований являются работы, направленные на создание ФММ формирования подводного шума (ПШ) корабля. Такая модель является основой для создания средств снижения шума. Особенность такой ФММ обусловлена многообразием источников ПШ различной физической природы и зависимостью их интенсивности от скорости, конструкции корабля и технологии его строительства. Кроме этого, по мере внедрения новых средств снижения шумности становится доминирующим вклад ранее неизвестных источников, что, в свою очередь, требует разработки новых ФММ. Классическим примером относительно «новых» источников ПШ кораблей является проявление в области звуковых частот резонансного излучения лопастей движителя, которое раньше было «скрыто» шумом механизмов. С появлением новых источников возникает необходимость в разработке новых методов измерения ПШ. Необходимость создания новых методов измерения ПШ в последнее время обусловлена еще и тем, что из-за снижения шумности кораблей существенно ухудшилось соотношение сигнал/помеха на входе приемных систем, что, в свою очередь, привело к необходимости разработки более совершенных «направленных» систем и помехоустойчивых алгоритмов обработки сигнала. По этим причинам для измерения и мониторинга ПШ кораблей требуется применение самых современных технологий, цифровой измерительной и анализирующей аппаратуры, многоканальной обработки информации и использование искусственного интеллекта (так называемых нейронных сетей).

По-прежнему одна из важнейших проблем при выполнении требований по уровням шумности кораблей и обитаемости личного состава – снижение вклада во внешнее и внутреннее акустические поля корабля колебаний, генерируемых корпусом, элементами энергетических установок, общекорабельными системами и устройствами. Для решения этой комплексной проблемы проводятся исследования по созданию теории пространственных свободных и вынужденных колебаний механизмов, корпусов, общекорабельных систем и устройств совместно с присоединенными средствами виброакустической защиты. При этом в первую очередь учитываются закономерности распространения и излучения генерируемых акустических (воздушный и гидродинамические шумы) и механических (вибрация и динамические силы) колебаний в различных присоединенных конструкциях и средах, а также процессы взаимодействия и обмена колебательными энергиями между распространяющимися акустическими и механическими колебаниями. С учетом этих комплексных исследований формируются ФММ виброактивных установок и систем как источников колебаний, а также ФММ средств вибро- и звукопоглощения и гашения как каналов распространения колебаний. Полученные ФММ позволяют создать новые правила проектирования комплексной, высокоэффективной по всем средам виброакустической защиты механизмов, а также сформулировать требования, предъявляе-

мые к этим механизмам и утвердить методы определения качества используемых систем виброакустической защиты на этапах проектирования и создания кораблей.

Не менее важной задачей в современном военном кораблестроении является задача снижения уровней гидролокационного поля корабля, особенно в низкочастотной области. Аналитические оценки гидролокационного поля предполагается выполнять на основе создания ФММ рассеяния звуковых волн на телах сложной формы с импедансными граничными условиями, с учетом резонансных явлений в оболочке. В разрабатываемой ФММ дополнительно учитываются вид и длительность зондирующих сигналов, а также их статистические эксплуатационные характеристики. Дальнейшее снижение уровней гидролокационного поля достигается за счет применения «Стелс»-технологий, например, за счет создания специальной формы и точности изготовления корпуса корабля, а также применения противогидролокационных покрытий, реализующих новые физические принципы (интерференционные, рефракционные и активные покрытия).

Специалистам флота и промышленности необходимы данные по акустическим характеристикам кораблей и подводных лодок для оценки их защищенности от неконтактных систем морского оружия и средств дальнего обнаружения, а также оценки качества выпускаемого вооружения и военной техники, их соответствия предъявляемым нормам и требованиям.

Структура работ по обеспечению защиты кораблей, принятая в нашей стране и во всех развитых в военном отношении государствах, традиционна: ВМФ разрабатывает требования к характеристикам физических полей кораблей и осуществляет их контроль на этапах сдачи. Эта деятельность выполняется научно-техническими организациями ВМФ прежде всего Службой защиты кораблей (в 2011 г. расформирована) и 1 ЦНИИ МО РФ. Обеспечение выполнения требований, проектирование кораблей и разработка мероприятий по снижению уровней их физических полей осуществляются научно-исследовательскими организациями и конструкторскими бюро промышленности.

Широкая номенклатура физических полей корабля всегда обуславливала необходимость комплексного подхода к проблеме снижения их уровней. Ключевая роль в этом направлении традиционно принадлежала ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова (в настоящее время генеральным директором является А.В.Дутов) как многопрофильной организации, ведущей исследования по широкому спектру проблем кораблестроения. Сегодня актуальность комплексного подхода только возрастает, и номенклатура признаков, по которым надводные корабли и подводные лодки могут быть обнаружены, уже включает несколько десятков наименований, основная часть которых связана с гидроакустическими, электромагнитными и гидрофизическими полями.

Снижение шумности кораблей и обеспечение их акустической защиты уже несколько десятилетий является одним из приоритетных направлений деятельности Института. Эти исследования носят масштабный и комплексный характер, что объясняется сложным характером и различной физической природой источников подводного шума корабля (механизмы, винт, шумы обтекания, ходовая вибрация), а также многообразием средств и методов его снижения.

В результате работы института в этом направлении в широкой кооперации с учреждениями Академии наук, Военно-Морского Флота, вузов и промышленности в период 1970–1990 гг. удалось добиться радикального (более чем в 100 раз) снижения шумности кораблей ВМФ и прежде всего подводных лодок, что было признано во всем мире. В настоящее время институт активно участвует в акустических испытаниях лодок четвертого поколения. Новые задачи в повышении акустической скрытности кораблей обусловлены появлением более эффективных средств акустического обнаружения подводной лодки – единой сетцентрической системы освещения подводной обстановки. Большая заслуга в их решении принадлежит Институту машиноведения им. А.А.Благонравова РАН (и лич-

но его директору акад. К.В.Фролову), который вместе с ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова разработал методику проектирования подводных лодок по критерию акустической скрытности.

Методы и средства противокорабельной борьбы, основанные на регистрации изменения уровней гидрофизических полей корабля, развиваются с середины прошлого столетия. В течение длительного времени ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова (как головное предприятие в судостроительной отрасли по этой проблематике) совместно с институтами РАН и головными организациями ВМФ проводят теоретические и экспериментальные исследования, которые в настоящее время составляют основу российских разработок в области средств и методов защиты надводных кораблей и подводных лодок по физическим полям.

На базе совместных всесторонних теоретических и экспериментальных исследований ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова и многих других предприятий и организаций судостроительной отрасли, а также ВМФ были не только детально исследованы механизмы и особенности формирования магнитного и электрического полей корабля, но и создан комплекс средств магнитной и электрической защиты – конструктивно-технологических и компенсационных, разработаны правила их проектирования, монтажа и сдачи, методы расчета и моделирования, способы контроля качества средств защиты при постройке, сдаче и эксплуатации кораблей, методы и средства измерения, нормативно-техническая документация по обеспечению электрической защиты на всех этапах жизненного цикла корабля.

В последние два десятилетия накопленный научно-технический потенциал позволил достичь прогресса в развитии методов компьютерного моделирования электромагнитных полей. В институте разработаны методические и программные средства численного анализа – пакет STAR 3D для магнитного, электрического и электромагнитного полей. Уже сейчас это программное обеспечение успешно используется для анализа и проектирования соответствующих средств защиты и может быть использовано при создании перспективных средств обеспечения защищенности кораблей, систем самоконтроля.

Достигнутые результаты позволяют перейти к созданию перспективных бортовых систем управления электромагнитным полем – его уровнем, частотными и пространственными характеристиками. Для управления в режиме авторегулирования стоит задача разработки активных средств компенсации полей того или иного источника и создания системы автономного контроля уровня поля непосредственно на борту корабля.

В начале 1960-х годов XX в. в составе ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова появилась лаборатория, одним из основных направлений деятельности которой стало изучение путей защиты кораблей от обнаружения их радиолокационными станциями противника. Измерения радиолокационной заметности кораблей начались в 1960-х годов, а в 1970-х исследования были расширены на тепловое и оптическое поля. На базе полученного опыта институтом совместно с ВМФ были выпущены документы по архитектурной защите и использованию радиопоглощающих материалов. В последующие годы эти документы позволили создавать образцы морской техники, признанные во всем мире.

В 2009 г. (впервые в нашей стране) был разработан пакет программ «3D-IMAGE» для обеспечения технологии проектирования «стелс»-кораблей. Этот пакет программ дал возможность прогнозировать собственное тепловое поле корабля, вторичное радиолокационное и оптическое поля, позволил производить расчеты оптиколокационных портретов кораблей, конфигурации и температуры газового факела, температурных зон на поверхности корабля. Последним достижением в области измерения радиолокационных характеристик стало создание когерентного измерительного комплекса РИК-Э с полным поляризационным приемом и высоким разрешением по дальности и азимуту.

В XXI в. институт продолжает работы по созданию конструкционных радиопоглощающих материалов на основе современных композиционных стеклопластиков. Разра-

ботано несколько вариантов образцов материалов, используемых в отечественном судостроении.

Методы и средства противокорабельной борьбы, основанные на регистрации гидрофизических полей кораблей, развиваются с середины прошлого столетия. В институте выполнен большой объем теоретических, лабораторных и натурных исследований, результаты которых используются в практической деятельности судостроительной промышленности и ВМФ.

Для обеспечения скрытности подводных лодок создан бортовой информационно-измерительный комплекс (ИИК) контроля и управления физическими полями благодаря управлению параметрами движения и режимами работы технических средств объекта на основе их оптимизации по комплексному критерию вероятности обнаружения, включающему все значимые для скрытности физические поля. Принципиальным преимуществом комплекса по сравнению с существующими подходами является динамическое управление, при котором решения принимаются на основе непрерывного контроля и анализа текущего состояния окружающей среды, уровня физических полей подводных лодок, состава сил и средств их обнаружения.

Предпосылки создания комплекса были заложены в работах институтов АН СССР (РАН) и ВМФ, учреждений и предприятий судостроительной промышленности. Одна из первых научно-исследовательских разработок по плану фундаментальных и поисковых исследований в интересах обороны страны, направленных на создание ИИК, выполнена специалистами Санкт-Петербургского научного центра РАН, Санкт-Петербургского государственного университета, 1 ЦНИИ МО, Военно-морской академии им. Н.Г.Кузнецова, Военно-морского инженерного училища (ныне ВМИИ). Предполагалось получить оценки показателей скрытности по основным гидрофизическим полям ПЛ для конкретных районов Мирового океана с учетом возможностей средств противолодочной борьбы противника.

Первым практическим шагом в этом направлении было создание электронного макета бортового комплекса – его виртуального прототипа, который был выполнен Военно-морским инженерным институтом в тесном взаимодействии с ведущими учреждениями РАН и профильными отраслевыми институтами страны, среди которых Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Институт машиноведения УрО РАН, Институт проблем машиноведения РАН, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, ФГУП ЦНИИ «Электроприбор», ФГУП ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем и 1 ЦНИИ МО РФ.

Электронный макет комплекса обеспечивает предварительную выработку рекомендаций по управлению объектом в процессе развертывания в определенном географическом районе, в заданных гидрофизических и метеорологических условиях. Указанные рекомендации формируются на основе комплексной оценки вероятности обнаружения по физическим полям. Необходимость работы комплекса в режиме реального времени предопределяет использование математических моделей, позволяющих оперативно прогнозировать характеристики этих полей. В электронном макете применяются модели, основанные либо на аналитических решениях, либо на аппроксимации экспериментальных данных.

Использование приближенных аналитических и эмпирических моделей оправдано при создании электронного макета комплекса, но для практического образца ИИК требуются более совершенные модели. Одним из главных направлений такого совершенствования стало применение методов и результатов компьютерного моделирования физических полей. В Военно-морском инженерном институте и Санкт-Петербургском филиале Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН разработано математическое и

программное обеспечение для моделирования гидродинамических возмущений от объекта, движущегося в вязкой стратифицированной среде. Результаты тестовых расчетов и вычислительных экспериментов, выполненных на высокопроизводительном компьютерном кластере ВМИИ, подтвердили адекватность численного моделирования внутреннего волнения, развития вихревых структур и прогнозирования структуры течения за корпусом и выступающими его частями. Проведенные исследования заложили основу для создания бортового информационно-измерительного комплекса контроля и управления физическими полями подводной лодки, решающего задачу повышения ее скрытности и защиты на основе научно обоснованных рекомендаций при выборе траектории и режимов работы технических средств по комплексному критерию обнаружения по нескольким физическим полям.

Важным направлением взаимодействия ВМФ и промышленности является развитие испытательных стендов. В последние два десятилетия специалистами ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова совместно со специалистами ВМФ создан морской комплексный испытательный полигон на Балтийском море, который разрабатывался на новой научно-технической базе как совокупность измерительных стендов для изучения физических полей кораблей ВМФ. В результате выполнения опытно-конструкторских работ был создан и введен в эксплуатацию комплекс современных технических средств для измерения параметров первичного гидроакустического, магнитного, электрического, низкочастотного, электромагнитного, гидродинамического, радиолокационного, теплового и оптиколокационного полей.



В кулуарах торжественного собрания.

Слева направо: д-р техн. наук А.А.Родионов, д-р экон. наук В.Ю.Корчак, акад. Н.П.Лавёров, акад. А.А.Саркисов, Б.Н.Филин.

Участники торжественного собрания ознакомились с современными средствами защиты кораблей и лабораторной базой Военно-морского инженерного института. Еще раз было обращено внимание на то, что для успешного решения современных задач обеспечения защиты, повышения скрытности кораблей по физическим полям требуется дальнейшее сосредоточение усилий ученых и инженерно-технических работников на проведении скоординированных фундаментальных, прикладных исследований и технологических разработок.

