

Л.С.ШАПИРО

# Самые нелегкие пути к Нептуну



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

А.С.ШАПИРО

# Самые нелегкие пути к Нептуну



ЛЕНИНГРАД  
„СУДОСТРОЕНИЕ“  
1988

ББК 68.66

Ш 12

УДК 629.127

Рецензенты: д. ист. н. *И. А. Козлов, В. Н. Масленников*

Научный редактор *С. В. Китаев*

**Шапиро Л. С.**

**Ш12** Самые нелегкие пути к Нептуну. — Л.: Судостроение, 1988. — 176 с.: ил. — (Научно-популярная библиотека школьника).

**ИСБН**

Книга о прошлом, настоящем и будущем подводных лодок, об основных вехах в эволюции их энергетических установок. Сжато, в популярной форме, во взаимосвязи с достижениями науки и техники разных лет рассказывается о важнейших событиях в истории подводного плавания, о достижениях и ошибках, которыми был щедро усыпан путь первопроходцев в этой одной из самых сложных областей техники.

Для школьников, выбирающих профессию, и широкого круга читателей, интересующихся историей кораблестроения.

**Ш 3605030000—010** 50—87  
**048(01) — 88**

**ББК 68.66**

СЕРИЯ «НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА»

**Лев Семенович Шапиро**  
**САМЫЕ НЕЛЕГКИЕ ПУТИ К НЕПТУНУ**

Заведующий редакцией *Ю. И. Смирнов*

Редактор *Л. А. Алиева*

Технический редактор *Р. К. Чистякова*

Корректор *А. Г. Кувалкин*

Художественный редактор *О. П. Андреев*

Оформление обложки *Ю. Б. Осенчаков*

ИБ № 1211

Сдано в набор 9.10.86. Подписано к печати 15/XII-87 г. М-32453. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага офсетная № 2. Гарнитура шрифта обыкновенная новая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 10,2. Усл. кр.-отт. 18,8. Доп. тираж 70000 экз. Изд. № 4095—85. Заказ № 4222. Цена 40 коп.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

170000, г. Калинин, Студенческий пер., 28. Областная типография.

© Издательство «Судостроение», 1987 г.

Стремительное развитие науки и техники является характерной чертой нашего времени. Полеты человека в космос, его шаги по Луне, погружение на дно глубочайших впадин, организация добычи полезных ископаемых с океанского дна стали привычными для современного человека, и никого уже не удивляют прогулки по Женевскому озеру на «туристской» подводной лодке. Но для того чтобы уверенно шагать в будущее, надо хорошо знать и понимать прошлое. Создание новых образцов техники невозможно без изучения предшествующих.

Эта книга посвящается истории создания подводной лодки. Вероятно, у некоторых читателей возникнет вопрос: зачем писать о подводных лодках, когда и так уже достаточно написано? Да, написано действительно немало, но и не так много, как бы хотелось. Многие замечательные книги давно уже стали библиографической редкостью, некоторые нуждаются в дополнении и корректировании, иные — не совсем удачны, так как рассчитаны на специалистов, а для массового читателя остались «загадкой».

Автор настоящей книги Л. С. Шапиро, специалист высокой квалификации, в прошлом морской офицер, участник Великой Отечественной войны, служил на кораблях Черноморского и Северного флотов инженером-механиком, работал в различных организациях ВМФ. Выйдя на заслуженный отдых, он посвятил свое свободное время изучению истории военно-морской техники и ее популяризации.

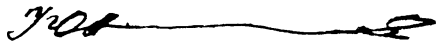
Эта книга является не первой публикацией автора. Он неоднократно печатался в популярных журналах

и сборниках. В 1981 г. вышла его книга «Самые быстрые корабли», которая была переведена на немецкий язык и издана в ГДР. Готовится ее второе издание.

В небольшой книге трудно изложить историю подводного кораблестроения достаточно подробно, поэтому автор решил осветить лишь основные вехи эволюции подводных лодок и их энергетических установок. Это не означает, что книга получилась односторонней, совсем нет. Создание любого инженерного сооружения, особенно такого сложного, как подводная лодка, базируется на компромиссах, когда улучшение одного качества может быть достигнуто лишь за счет некоторого ухудшения других. Один из главных составляющих комплексов подводной лодки — энергетическая установка — занимает особое место, поэтому автор более подробно остановился на этапах ее развития. Энергетическая установка — сердце корабля, обеспечивающее его движение, использование оружия, а также условия жизнедеятельности экипажа. Вспомним, ведь именно ограниченные возможности энергетической установки надолго привязали подводную лодку к поверхности, и только применение атомной энергетики превратило ее из ныряющей в истинно подводную.

Хочется верить, что эта книга поможет нашим юным читателям проникнуться романтикой подвига, неразрывно связанного с созданием подводных лодок: подвига их творцов — конструкторов, инженеров, строителей; подвига испытателей и экипажей подводных кораблей, бороздящих глубины океанов. И если ряды этих специалистов пополнятся деятельной, инициативной молодежью, то это будет лучшим отзывом на данную книгу.

*Председатель Комитета ДОСААФ  
Ленинграда и Ленинградской области  
контр-адмирал*



*Ю. С. Пивнев*

# 1

## САМЫЕ ПЕРВЫЕ

### НАЧАЛО

Мечты. Проекты. Реальность

Наблюдая за морскими обитателями, человек пытался подражать им. Относительно быстро он научился строить сооружения, способные держаться на воде и передвигаться по ее поверхности, а вот под водой... Поверия и легенды упоминают об отдельных попытках, предпринятых людьми в этом направлении, но понадобились века на то, чтобы более-менее правильно представить и выразить в чертежах конструкции подводного судна. Одним из первых это сделал великий творец эпохи Возрождения итальянский ученый Леонардо да Винчи. Утверждают, что Леонардо уничтожил чертежи своей подводной лодки, обосновав это следующим образом:

Люди настолько злобны, что готовы были бы убивать друг друга даже на дне морском.

На сохранившемся эскизе изображено судно овальной формы с тараном в носу и невысокой рубкой, в средней части которой расположен люк. Другие конструктивные подробности разобрать невозможно.

Первыми сумели реализовать идею подводного судна англичане Уильям Брун (1580 г.) и Магнус Петилиус (1605 г.). Однако их сооружения нельзя считать судами, так как они не могли передвигаться под водой, а лишь погружались и всплывали наподобие водолазного колокола.

В 20-х годах 17 в. английская придворная знать имела возможность пощекотать себе нервы, совершив подводное путешествие по Темзе. Необычное судно в 1620 г. построил ученый — физик и механик, придворный врач английского короля Иакова I, голландец Корнелий ван Дреббель. Судно было изготовлено из дерева, обтянуто

промасленной кожей для водонепроницаемости, могло погружаться на глубину около 4 м и находиться под водой в течение нескольких часов. Погружение и всплытие осуществлялись заполнением и опорожнением кожаных мехов. В качестве движителя<sup>1</sup> изобретатель применил шест, которым надлежало отталкиваться от речного дна, находясь внутри судна. Убедившись в недостаточной эффективности подобного приспособления, следующее подводное судно (его скорость была около 1 уз<sup>2</sup>) Дреббель оснастил 12 обычными вальковыми веслами, каждым из которых управлял один гребец. Чтобы внутрь судна не попадала вода, отверстия в корпусе для прохода весел были уплотнены кожаными манжетами.

В 1634 г. ученик Р. Декарта французский монах П. Мерсен впервые предложил проект подводной лодки, предназначенной для военных целей. Одновременно он высказал идею об изготовлении ее корпуса из металла. Форма корпуса с заостренными оконечностями напоминала рыбу. В качестве оружия на лодке предусматривались сверла для разрушения корпуса неприятельских кораблей ниже ватерлинии и две, расположенные на каждом борту, подводные пушки с невозвратными клапанами, предотвращающими попадание воды в лодку через стволы во время выстрела. Проект так и остался проектом.

В 1718 г. крестьянин из подмосковного села Покровское Ефим Прокопьевич Никонов, работавший плотником на казенной верфи, в челобитной Петру I писал, что берется сделать судно, которое может идти в воде «потаенно» и подходить к вражеским кораблям «под самое дно», а также «из снаряду разбивать корабли». Петр I оценил предложение и приказал, «таясь от чужого глазу», приступить к работе, а Адмиралтейств-коллегии произвести Никонова в «мастера потаенных судов». Вначале была построена модель, которая успешно держалась на плаву, погружалась и двигалась под водой. В августе 1720 г. в Петербурге на Галерном дворе тайно, без лишней огласки была заложена первая в мире подводная лодка.

Что же собой представляла подводная лодка Никонова? К сожалению, пока не удалось обнаружить ее

<sup>1</sup> Движитель — устройство для преобразования энергии механического источника в полезную работу по перемещению корабля (судна).

<sup>2</sup> Узел — единица скорости, определяемая числом морских миль, проходимых кораблем (судном) в один час. Один узел соответствует одной морской миле в час или 1,852 км/ч.

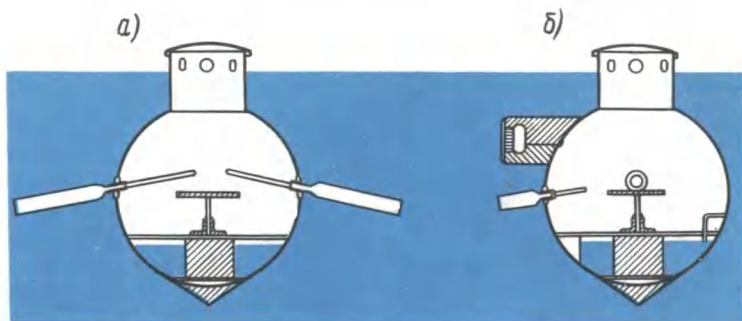


Строительство «потопленного судна»  
Никонова. С рисунка художника  
Ю. Иванова

чертежей, но некоторые косвенные сведения из архивных документов позволяют предполагать, что она имела деревянный корпус длиной около 6 и шириной около 2 м, обшитый снаружи листами жести. Оригинальная система погружения представляла собой несколько оловянных пластин с множеством капиллярных отверстий, которые монтировались в днищевой части лодки. При всплытии вода, принятая в специальную цистерну через отверстия в пластинах, удалялась за борт с помощью поршневой помпы. Сначала Никонов предполагал вооружить лодку орудиями, но затем решил установить шлюзовую камеру, через которую при нахождении корабля в подводном положении мог выходить водолаз, одетый в скафандр (разработанный самим изобретателем), и с помощью инструментов разрушать днище вражеского корабля. Позднее Никонов довооружил лодку «огненными медными трубами», сведений о принципе действия которых до нас не дошло.

Несколько лет строил и перестраивал Никонов свою подводную лодку. Наконец, осенью 1724 г. в присутствии Петра I и царской свиты она была спущена на воду, но при этом ударилась о грунт и повредила днище. С большим трудом корабль удалось извлечь из воды и





Подводная лодка Д. Бушнелла:  
а — вид спереди; б — вид сбоку

спасти самого Никонова. Царь велел укрепить корпус лодки железными обручами, приободрил изобретателя и предупредил чиновников, чтобы ему «никто конфуз в вину не ставил». После кончины Петра I в 1725 г. «потаенным» судном перестали интересоваться. Требования Никонова на рабочую силу и материалы не удовлетворялись или умышленно задерживались. Неудивительно, что очередные испытания подводной лодки закончились неудачно. В конце концов Адмиралтейств-коллегия решила свернуть работы, а изобретатель был обвинен в «недействительных строениях», разжалован в «простые адмиралтейские работники» и в 1728 г. сослан в отдаленное Астраханское адмиралтейство.

В 1773 г. (почти через 50 лет после «потаенного судна» Никонова) в США была построена первая подводная лодка, изобретателя которой Давида Бушнелла американцы окрестили «отцом подводного плавания». Корпус лодки представлял собой оболочку из дубовых досок, стянутых железными обручами и проконопаченных просмоленной пенькой. В верхней части корпуса размещалась небольшая медная башенка с герметичным люком и иллюминаторами, через которые командир, совмещавший в одном лице весь экипаж, мог наблюдать за обстановкой. Внешним видом лодка напоминала панцирь черепахи, что нашло отражение в ее названии. В нижней части *Черепахи* располагалась балластная цистерна, при заполнении которой она погружалась. При всплытии вода из цистерны откачивалась помпой. Кроме того, был предусмотрен аварийный балласт — свинцовый груз, при необходимости легко отсоединяемый от корпу-

са. Передвижение лодки и управление ею по курсу осуществлялись с помощью весел. Оружие — пороховая мина с часовым механизмом (закреплялась на корпусе неприятельского корабля с помощью бурава).

В 1776 г. во время войны за независимость *Черепашу* использовали в деле. Объектом атаки стал английский 64-пушечный фрегат *Игл*. Но атака не удалась. Днище фрегата для защиты от обрастания оказалось обшитым медными листами, против которых бурав был бессилён.

## НАУТИЛУС И ДРУГИЕ

Р. Фултон. Раздельные движители.  
Горизонтальный руль.  
К. Шильдер.  
«Оптическая труба».  
Ракетное оружие

В конце 18 в. ряды изобретателей подводных лодок пополнил прославившийся позднее созданием первого в мире парохода Роберт Фултон, уроженец Америки, сын бедного ирландского эмигранта. Увлекавшийся живописью юноша отправился в Англию, где вскоре занялся судостроением, которому и посвятил дальнейшую жизнь. Для успеха в столь сложном деле были необходимы серьезные инженерные знания, для приобретения которых Фултон направился во Францию.

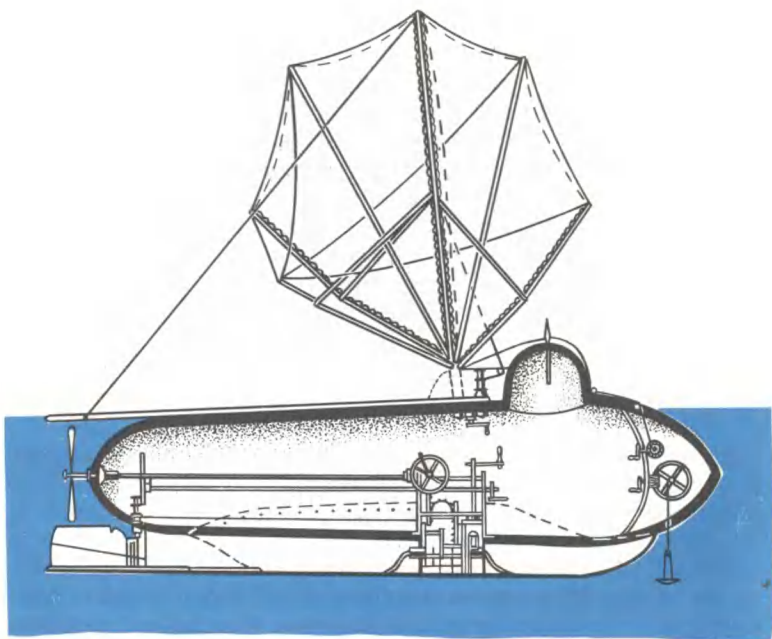
Молодой судостроитель сделал несколько интересных предложений в области подводного оружия. Со свойственным молодости максимализмом он писал:

Военные корабли, по моему мнению, являются остатками отживших воинских привычек, политической болезнью, против которой до сих пор еще не найдено средств; мое твердое убеждение, что эти привычки надо искоренить и самым действенным к тому средством являются подводные вооруженные минами лодки [4].

Ум Фултона был не только пытливым, но и практичным. В 1797 г. он обратился к правительству Французской республики с предложением:

Имея в виду огромную важность уменьшения мощи британского флота, я думал над постройкой механического *Наутилуса* — машины, подающей мне много надежд на возможность уничтожения их флота...

Предложение было отвергнуто, но настойчивый изобретатель добился аудиенции у первого консула Напо-



*Наутилус* Р. Фултона

леона Бонапарта и заинтересовал его идеей подводного корабля.

В 1800 г. Фултон построил подводную лодку и с двумя помощниками произвел погружение на глубину 7,5 м. Через год он спустил на воду усовершенствованный *Наутилус*, корпус которого длиной 6,5 и шириной 2,2 м имел форму притупленной в носовой части сигары. Для своего времени лодка имела приличную глубину погружения — около 30 м. В носу возвышалась небольшая рубка с иллюминаторами. *Наутилус* стал первой в истории подводной лодкой, имевшей отдельные двигатели для надводного и подводного хода. В качестве двигателя подводного хода использовался вращаемый вручную четырехлопастной винт, позволявший развивать скорость около 1,5 уз. В надводном положении лодка двигалась под парусом со скоростью 3—4 уз. Мачта для паруса была укреплена на шарнире. Перед погружением ее быстро снимали и укладывали в специальный желоб на корпусе. После подъема мачты разворачивался парус и корабль становился похож на раковину моллюска наутилуса. Отсюда и появилось название, которое дал

своей подводной лодке Фултон, а спустя 70 лет заимствовал Жюль Верн для фантастического корабля капитана Немо.

Нововведением был горизонтальный руль, с помощью которого при движении под водой лодка должна была удерживаться на заданной глубине. Погружение и всплытие осуществлялись заполнением и осушением балластной цистерны. *Наутилус* был вооружен миной, представлявшей собой два медных бочонка с порохом, соединенных эластичной перемычкой. Мина буксировалась на тросе, подводилась под днище неприятельского корабля и взрывалась при помощи электрического тока.

Боеспособность корабля была проверена на Брестском рейде, куда вывели и поставили на якорь старый шлюп. *Наутилус* пришел на рейд под парусом. Убрав мачту, лодка погрузилась в 200 м от шлюпа, а через несколько минут прогремел взрыв и на месте шлюпа взметнулся столб воды и обломков.

Правда, выявились и недостатки, наиболее существенным из которых являлась малая эффективность горизонтального руля из-за очень небольшой скорости в подводном положении, в связи с чем лодка плохо удерживалась на заданной глубине. Для устранения этого недостатка Фултон применил винт на вертикальной оси.

Изобретатель отказался от боевого применения *Наутилуса* из-за того, что французский морской министр не удовлетворил его требование присвоить членам экипажа лодки воинские звания, без чего англичане в случае захвата в плен повесили бы их как пиратов. Министр сформулировал причину отказа в стиле, характерном для профессионального консерватизма адмиралов-парусников:

Нельзя считать находящимися на военной службе людей, пользующихся таким варварским средством для уничтожения неприятеля<sup>1</sup>.

В подобной формулировке трудно провести границу между рыцарством и непониманием достоинств нового оружия.

Фултон направился в Англию, где был радушно встречен премьер-министром У. Питтом. Удачные опыты со взрывами судов не столько воодушевили, сколько привели в замешательство Британское адмиралтейство. Ведь

---

<sup>1</sup> Цит. по газ. «Котлин», 1903, 8 февр.

«владычица морей» в те времена располагала самым мощным в мире флотом, так как в своей морской политике руководствовалась принципом двойного превосходства своего флота над флотом следующей по мощи морской державы. Фултон рассказывал, что после очередной демонстрации боевых возможностей подводной лодки, когда был взорван бриг *Доротея*, один из авторитетнейших моряков английского флота лорд Джервис сказал:

Питт величайший глупец в мире, поощряя способ ведения войны, который ничего не дает народу, имеющему и без того главенство на море, и который в случае успеха может лишить его этого главенства<sup>1</sup>.

Но Питт отнюдь не был простаком. По его инициативе Адмиралтейство предложило Фултону пожизненную пенсию с условием... забыть про свое изобретение. Фултон с возмущением отверг предложение и вернулся на родину в Америку, где построил первый пригодный для практической эксплуатации колесный пароход *Клермонт*, обессмертивший его имя.

В первой половине 19 в. не было недостатка в попытках создать подводную лодку. Подводные корабли, оказавшиеся неудачными, построили французы Можери, Кастер, Жан Пти и испанец Севери, два последних погибли во время испытаний.

Оригинальный проект подводной лодки разработал в 1829 г. в России Казимир Черновский, находившийся в заключении в Шлиссельбургской крепости. В качестве движителя он предложил лопастные штоки — толкатели, при втягивании которых внутрь корабля лопасти складывались, а при выдвигении раскрывались наподобие зонтиков с упором в воду. Но несмотря на ряд смелых технических решений, военное министерство не заинтересовалось проектом, поскольку изобретатель был политическим преступником.

Заметный след в подводном кораблестроении оставил активный участник Отечественной войны 1812 г., известный русский инженер генерал-адъютант Карл Андреевич Шильдер. Он являлся автором ряда проектов и усовершенствований. В 30-е годы 19 в. Шильдер разработал электрический способ управления подводными минами, удачные опыты с которыми и зародили у него мысль о подводной лодке.

В 1834 г. в Петербурге на Александровском литейном заводе (ныне объединение «Пролетарский завод»)

---

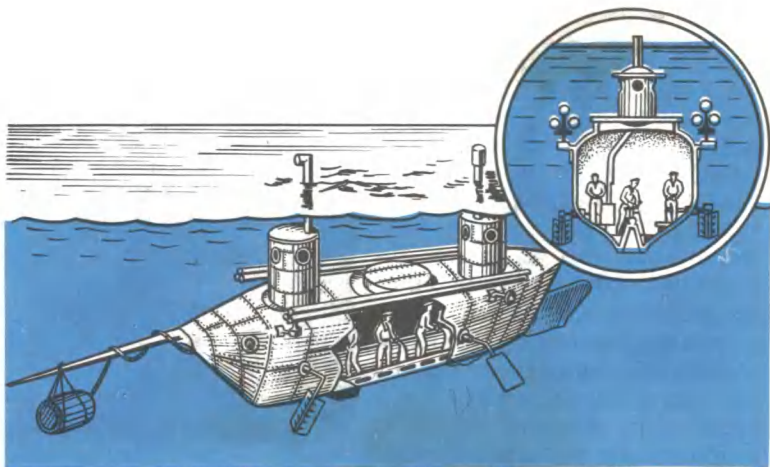
<sup>1</sup> Цит. по газ. «Котлин», 1903, 1 марта.

по проекту Шильдера был построен подводный корабль водоизмещением около 16 т, который принято считать первенцем подводного флота России и первой в мире металлической подводной лодкой. Ее корпус длиной 6, шириной 2,3 и высотой около 2 м был сделан из пяти-миллиметрового котельного железа. В качестве движителя использовались гребки, выполненные наподобие лап водоплавающих птиц и расположенные попарно с каждого борта. При движении вперед гребки складывались, а при движении назад раскрывались, обеспечивая упор. Каждый гребок приводился в действие качанием рукоятки привода изнутри корабля. Конструкция привода позволяла, изменяя угол качания гребков, не только обеспечивать прямолинейное движение лодки, но и всплытие ее или погружение. Нововведением была «оптическая труба» — прообраз современного перископа, которую Шильдер сконструировал, используя идею «горизонтоскопа» М. В. Ломоносова.



Лодка была вооружена электрической миной, предназначенной для действия на близком от вражеских кораблей расстоянии, а также ракетами, пуск которых осуществлялся с двух ракетных трехтрубных станков, расположенных побортно. Ракеты воспламенялись от электрических запалов, ток к которым подавался от гальванических элементов. Лодка могла вести залповый огонь ракетами из надводного и подводного положений. Это было первое в истории кораблестроения ракетное оружие, в наше время ставшее главным в стратегии и тактике войны на море.

Подводная лодка Шильдера с экипажем из восьми человек во главе с мичманом Шмелевым 29 августа 1834 г. отправилась на испытания. Начался первый в истории России подводный рейс. Лодка маневрировала под водой и останавливалась в погруженном состоянии при помощи якоря оригинальной конструкции. Успешно прошли испытания ракетные установки.



Подводная лодка К Шильдера

Шильдеру выделяются дополнительные средства и он разрабатывает проект новой подводной лодки. Ее корпус был также изготовлен из железа и имел правильную цилиндрическую форму с заостренной носовой оконечностью, заканчивающейся длинным бушпритом и вставляемым в него металлическим гарпуном с подвешенной миной. Вонзив гарпун в борт неприятельского корабля, лодка задним ходом отходила на безопасное расстояние. Мина взрывалась электрическим запалом, ток к которому подавался от гальванического элемента по проводу. Испытания подводной лодки закончились на Кронштадском рейде 24 июля 1838 г. демонстрацией взрыва судна-мишени.

Подводные лодки Шильдера имели весьма существенный недостаток: их скорость не превышала 0,3 уз. Изобретатель понимал неприемлемость столь малой скорости для боевого корабля, но и отдавал себе отчет в том, что при использовании «мускульного» двигателя скорость созданных им подводных лодок увеличить не удастся.

## НЕСБЫВШАЯСЯ НАДЕЖДА

*Электроход. Водомет. Брандтаухер  
терпит неудачу*

В 1836 г. русский академик Борис Семенович Якоби создал первый в мире электроход — катер с гребными

колесами, которые вращал электродвигатель, питавшийся от батареи гальванических элементов. Комиссия, проводившая испытания, отметив огромное значение изобретения, но обратила внимание на весьма малую скорость судна — менее 1,5 уз. Идея электрохода была поставлена под угрозу. На помощь Якоби пришли члены комиссии — инженер генерал-лейтенант А. А. Саблуков и кораблестроитель штабс-капитан С. О. Бурачек, которые доказывали, что дело не в электродвижении, а в малой эффективности колесного движителя. На заседании комиссии Бурачек, поддержанный Саблуковым, предложил заменить на электроходе гребные колеса водометным движителем, который он называл «сквозным водопотоком». Члены комиссии одобрили предложение, но оно так и не было реализовано.

Водомет, как гребное колесо и гребной винт, относится к реактивным движителям. Рабочий орган водомета (насос, винт) сообщает воде высокую скорость, с которой она в виде реактивной струи выбрасывается в корму через сопло и создает упор,двигающий корабль.

Первый патент на водометный движитель получили в 1661 г. англичане Тугуд и Хейес, но изобретение осталось на бумаге. В 1722 г. их соотечественник Аллен предложил «употребить для движения судов воду, которая выбрасывалась бы с кормы с известной силой посредством механизма». Но где было взять в то время такой механизм? В 1830-х годах во время пребывания в ссылке на водометный движитель обратил внимание моряк-декабрист М. А. Бестужев и даже разработал оригинальную конструкцию...

Не добившись переоборудования электрохода Якоби под водометный движитель, А. А. Саблуков, принимавший деятельное участие в испытаниях подводных лодок Шильдера, предложил для увеличения скорости оснастить его вторую лодку водометным движителем своей конструкции, представлявшей собой два приемно-отливных канала внутри корпуса лодки с центробежным насосом в виде горизонтально расположенной крылатки с приводом от паровой машины. Шильдер принял предложение, и к осени 1840 г. лодка была переоборудована. Но вследствие недостатка средств от механического привода насоса пришлось отказаться, заменив его ручным.

Испытания первой в мире водометной подводной лодки были проведены в Кронштадте и закончились неудачей. Скорость лодки не возросла, да иначе и быть



не могло при вращении насоса вручную. Однако присутствовавший на испытаниях начальник Главного морского штаба адмирал А. С. Меншиков<sup>1</sup> не захотел и слушать о дальнейшей работе по доводке корабля. Морское ведомство прекратило субсидирование работ. Не встречая поддержки в высших сферах флота, зная о насмешках придворных, прозвавших его за многочисленные проекты, опережавшие свое время, «генералом-чудаком», К. А. Шильдер прекратил технические поиски в области морского оружия и целиком отдался служебной деятельности в инженерных войсках, которые к концу жизни и возглавил.

Один из энтузиастов подводного плавания баварец Вильгельм Бауэр с двумя помощниками 1 февраля 1851 г. испытывали в Кильской гавани первую подводную лодку *Брандтаухер* водоизмещением 38,5 т<sup>2</sup>, приводившуюся в движение вращаемым вручную гребным винтом. Испытания чуть не закончились катастрофой. На глубине 18 м лодка была раздавлена, а экипаж с большим трудом выбрался через боковую горловину. Оба компаньона навсегда излечились даже от мысли о подводном плавании, но не сам Бауэр, который еще не создал более-менее пригодную лодку, с пафосом предрекал:

...Мониторы, броненосцы и пр. представляют собой теперь только траурные дроги устаревшего флота [8].

Все оказалось много сложнее, о чем изобретатель, очевидно, не раз подумал, выбираясь из затонувшего *Брандтаухера*, однако упорства Бауэру было не занимать. После отказа правительства Баварии строить новую подводную лодку, он предложил свои услуги Австрии, Англии и США, но и там не встретил поддержки. И только русское правительство, озабоченное выявившейся в ходе Крымской войны технической отсталостью флота, благожелательно отнеслось к предложению баварца, заключив с ним в 1855 г. контракт на постройку подводной лодки. Через четыре месяца корабль был построен, но Бауэр уклонился от демонстрации его боевых качеств, хотя существовала практически неогра-

---

<sup>1</sup> Генерал-адъютант А. С. Меншиков игнорировал новые веянья в морском деле. Неверно оценил значение винтовых кораблей. Не понимал политической обстановки, что привело к ухудшению состояния флота к началу Крымской войны. Один из виновников поражения России в этой войне (*Примеч. науч. ред.*).

<sup>2</sup> В документах того времени указывалось только надводное водоизмещение лодок.

ниченная возможность атаковать англо-французский флот, блокировавший Кронштадт. Больше того, он добился переноса испытаний на весну 1856 г., то есть на то время, когда военные действия прекратились. Причина задержки выяснилась с началом испытаний. Подводная лодка прошла за 17 мин около 25 м и... остановилась вследствие «совершенного изнеможения людей, приводивших в движение гребной винт». Позже она затонула, а очередное предложение Бауэра построить для русского флота подводный корвет было решительно отвергнуто. Вернувшись на родину, Бауэр продолжил изобретательскую деятельность, но как и его предшественники, так и не создал пригодной подводной лодки.

## ПАР И ВОЗДУХ

Тепловой двигатель на подводной лодке. Трагедия на озере Эри. А сжатый воздух? И. Ф. Александровский

Маломощный «мускульный» двигатель стоял непреодолимым барьером на пути изобретателей подводных лодок. И хотя в конце 18 в. механик из Глазго Джеймс Уатт изобрел паровую машину, ее применение на подводной лодке откладывалось в течение многих лет из-за ряда проблем, главной из которых являлась подача воздуха для сжигания топлива в топке парового котла при нахождении лодки в подводном положении. Главной, но не единственной. Так, при работе машины расходовалось топливо и, соответственно, изменялась масса подводной лодки, а ведь она должна быть всегда готовой к погружению. Пребывание экипажа в лодке затрудняли тепловыделения и токсичные газы.

Проект подводной лодки с паровой машиной первым разработал в 1795 г. французский революционер Арман Мезьер, но построить такой корабль удалось лишь спустя 50 лет в 1846 г. его соотечественнику доктору Просперу Пейерну. В оригинальной энергетической установке лодки, названной *Гидростатом*, пар к машине поступал от котла, в герметически закрытой топке которого сжигалось специально приготовленное топливо — спрессованные брикеты смеси селитры с углем, при горении выделявшие необходимый кислород. Одновременно в топку подавалась вода. Водяной пар и продукты сгора-

ния топлива направлялись в паровую машину, откуда, совершив работу, отводились за борт через невозвратный клапан. Казалось бы все хорошо. Но в присутствии влаги из селитры (окисла азота) образовывалась азотная кислота — весьма агрессивное соединение, разрушавшее металлические части котла и машины. Кроме того, управление процессом горения с одновременной подачей воды в топку оказалось очень сложным, а отвод на глубине за борт парогазовой смеси — трудноразрешимой проблемой. Ко всему прочему, пузырьки смеси не растворялись в забортной воде и демаскировали подводную лодку.

Неудача Пейерна не отпугнула последователей. Уже в 1851 г. американец Лоднер Филиппс построил подводную лодку с паромашинной энергетической установкой. Но довести дело до конца изобретатель не успел. При одном из погружений на озере Эри лодка превысила допустимую глубину и была раздавлена, похоронив на дне озера экипаж вместе с Филиппсом.

Столкнувшись с проблемой использования паровой машины в условиях подводной лодки, некоторые изобретатели пошли по пути создания сооружений, занимающих промежуточное положение между подводным и надводным кораблем. Такие полуподводные лодки с герметически закрытым корпусом и возвышавшейся над ним трубой могли находиться на глубине, ограниченной высотой трубы, в которой располагались два канала — для поступления атмосферного воздуха к топке котла и для удаления продуктов горения. Подобную подводную лодку построил в 1855 г. изобретатель парового молота англичанин Джеймс Несмит, но из-за целого ряда крупных недостатков она оказалась непригодной для использования.

Много оригинальных проектов подводных лодок поступило в морское министерство России в годы Крымской войны 1853—1856 гг., когда патриотический подъем послужил импульсом для творческой инициативы специалистов во многих областях военной техники. В 1855 г. инженер-механик флота Н. Н. Спиридонов представил в Морской ученый комитет проект подводной лодки с экипажем 60 человек, оснащенной водометным двигателем, поршневые насосы которого приводились в движение сжатым воздухом. Воздух к двум пневмодвигателям должен был поступать по шлангу от воздушной помпы, установленной на надводном судне сопровождения. Проект признали трудноосуществимым и малоэффективным.

И. Ф. Александровский

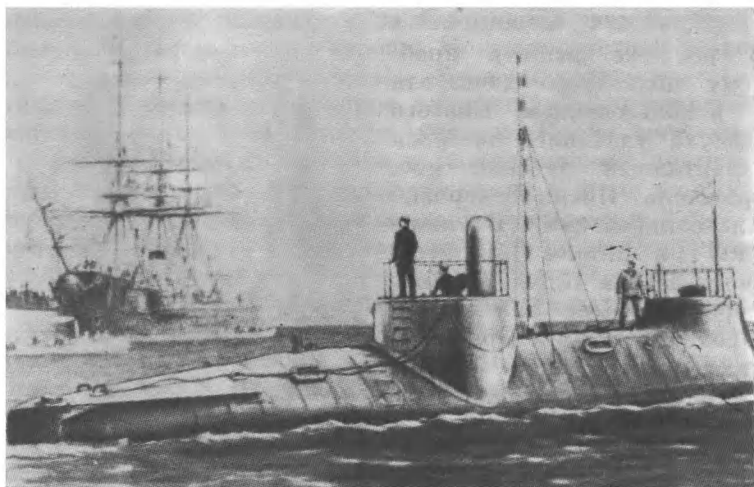
В попытке решить проблему подводного двигателя с использованием сжатого воздуха удачливее оказался талантливый русский изобретатель Иван Федорович Александровский. В июне 1863 г. в эллинге Петербургского завода Карра и Макферсона (ныне Балтийский завод им. Серго Орджоникидзе) наблюдалось обычное оживление, сопровождавшее закладку корабля, но обращало на себя внимание, что у входа в эллинг была



выставлена охрана, преграждавшая в него доступ посторонним. К осени там уже возвышался диковинный корабль, не похожий ни на один из многих построенных заводом. Подобный веретену корпус не имел ни палубы, ни мачт. Это была вторая подводная лодка конструкции И. Ф. Александровского. Первую построить не довелось...

В молодости Александровский увлекался живописью и небезуспешно. В 1837 г. Академия художеств присвоила ему звание «неклассного художника» и Александровский начал самостоятельную трудовую жизнь в качестве учителя рисования и черчения в гимназии. Между тем молодой художник неудержимо тянулся к техническим наукам и с присущим ему упорством самостоятельно овладевал знаниями, особенно в области коллоидной химии, оптики и механики.

В середине 19 в. в Европе стала модной только что зародившаяся фотография, и Александровский увлекся новым делом. В начале 50-х годов он окончательно оставил преподавание и открыл фотоателье. Отныне на его визитной карточке значилось: Иван Федорович Александровский, художник-фотограф, собственное ателье, С.-Петербург, Невский пр., д. 22, кв. 45. Глубокие знания не только в области фотографии, но и в смежных с ней химии и оптике позволили Александровскому достичь больших успехов в новом деле и сделали его фотоателье лучшим в столице, превратившимся в очень доходное предприятие. Но не хлебом единым жил этот



Подводная лодка И. Александровского

человек. Александровский продолжает изучать науки, интересуется различными областями техники и особенно кораблестроением. Поворотным в его судьбе стал 1853 г., когда летом незадолго до начала Крымской войны Александровский по делам фотоателье посетил Лондон, где не только увидел армаду грозных паровых кораблей, но и не раз услышал, что готовящаяся эскадра предназначена для похода к берегам Крыма, чтобы «проучить русских». Зная низкий технический уровень русского Черноморского флота, состоявшего в основном из парусных кораблей, Иван Федорович не мог остаться безучастным и решил создать подводную лодку.

Проект был практически закончен, когда Александровскому стало известно о начале постройки по контракту с русским морским министерством ранее упоминавшейся подводной лодки Бауэра. Несмотря на затраченные к этому времени силы и средства, Александровский разрабатывает новый проект оригинальной подводной лодки с двигателями, работающими на сжатом воздухе, для чего привлекает к проекту видного специалиста в области пневматических двигателей С. И. Барановского.

В 1862 г. Морской ученый комитет одобрил проект, и в 1863 г. корабль был заложен.

Подводная лодка водоизмещением 352/362 т<sup>1</sup> была оснащена единой для надводного и подводного хода двухвальной энергетической установкой, состоявшей из двух пневматических двигателей мощностью 117 л. с.<sup>2</sup> каждый с приводом на свой гребной винт. Запас воздуха, сжатого до давления 60—100 кг/см<sup>2</sup><sup>3</sup>, хранился в 200 баллонах вместимостью около 6 м<sup>3</sup>, представлявших собой толсто-стенные стальные трубы диаметром 60 мм, и по расчету изобретателя должен был обеспечить плавание лодки в подводном положении со скоростью 6 уз в течение 3 ч. Для пополнения запаса сжатого воздуха на лодке был предусмотрен компрессор высокого давления. Отработавший в пневмодвигателях воздух поступал частично в лодку для дыхания членов экипажа, а частично удалялся за борт через трубу с невозвратным клапаном, препятствующим попаданию воды в двигатели в случае их остановки при нахождении лодки в подводном положении.

Кроме оригинальной энергетической установки Александровский реализовал в проекте ряд других прогрессивных технических решений. Особо следует отметить примененное впервые продувание водяного балласта сжатым воздухом для всплытия, используемое до настоящего времени вот уже более ста лет на подводных лодках всех стран. В общем случае это происходит следующим образом.

Для заполнения забортной водой балластной цистерны в ее нижней части предусмотрены кингстоны, или просто отверстия, а в верхней части клапаны вентиляции. При открытых кингстонах и клапанах вентиляции воздух из цистерны свободно уходит в атмосферу, забортная вода заполняет цистерну и подводная лодка погружается. При всплытии в балластные цистерны при закрытых клапанах вентиляции подается сжатый воздух, который через открытые кингстоны выдавливает воду из цистерны.

Оружием на подводной лодке Александровского были две обладающие плавучестью мины, соединенные между собой эластичной перемычкой. Мины размещались вне корпуса лодки. Будучи отданными изнутри лодки, мины всплывали и охватывали с двух сторон днище неприятельского корабля. Взрыв осуществлялся электрическим током от батареи гальванических элементов после того,

---

<sup>1</sup> Здесь и далее в числителе указаны данные подводной лодки, находящейся в надводном положении, а в знаменателе — в подводном.

<sup>2</sup> В единицах системы СИ 1 л. с. = 736 Вт.

<sup>3</sup> В единицах системы СИ 1 кгс/см<sup>2</sup> = 98 кПа.

как лодка отходила на безопасную дистанцию от объекта атаки.

Летом 1866 г. подводная лодка была переведена для испытаний в Кронштадт. Из-за недостатков, выявленных в их ходе, она испытывалась несколько лет, в течение которых в конструкцию были внесены существенные изменения. Но некоторые недостатки устранить не удалось. Скорость лодки в подводном положении не превышала 1,5 уз, а дальность плавания была около 3 миль. При столь малой скорости горизонтальные рули оказались малоэффективными. Всем подводным лодкам той поры, оснащенным горизонтальными рулями, начиная с *Наутилуса*, был свойствен этот недостаток (горизонтальные рули, эффективность которых примерно пропорциональна квадрату скорости, не обеспечивали удержание лодки на заданной глубине).

Подводную лодку Александровского приняли в казну и зачислили в минный отряд. Однако было вынесено решение о ее непригодности для военных целей и нецелесообразности проведения дальнейших работ по устранению недостатков. Если с первой частью решения можно согласиться, то вторая была спорной, и можно понять изобретателя, который, вспоминая о безразличии к его кораблю морского министерства, с горечью писал:

К крайнему моему сожалению, я должен сказать, что с тех пор я не только не встречал сочувствия и поддержки Морского министерства, но даже всякая работа по исправлению лодки была совершенно прекращена [4].

## ДАВИД СОКРУШАЕТ ГОЛИАФА

*Плонжер, О. Гери. Невезучая Ханли.  
Первая жертва*

Между тем фундаментальные исследования С. И. Барановского в области практического использования сжатого воздуха для энергетических установок не остались незамеченными за рубежом. В 1862 г. во Франции по проекту капитана 1-го ранга Буржуа и инженера Бруна была построена подводная лодка *Плонжер* водоизмещением 420 т с единым для надводного и подводного хода пневматическим двигателем мощностью 68 л. с., во многом напоминающая корабль Александровского.

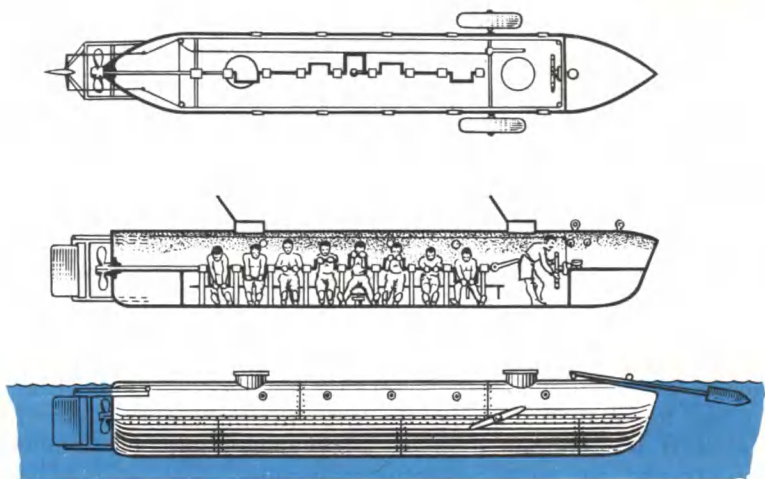
Результаты испытаний оказались еще менее благоприятными, чем у лодки Александровского. Малая скорость, неэффективность горизонтальных рулей, следность от пузырьков воздуха...

На испытаниях *Плонжера* присутствовал и принимал в них участие инженер из России генерал-майор О. Б. Герн, который, интересуясь вопросами подводного плавания, по заказу военно-инженерного ведомства спроектировал три подводные лодки. Две из них приводились в движение вращаемым вручную гребным винтом, а третья — газовым двигателем. Но ни одна из лодок не оправдала надежд, и Герн, используя опыт испытаний *Плонжера*, разработал проект оригинальной подводной лодки водоизмещением около 25 т. Энергетическая установка корабля состояла из двухцилиндровой паровой машины мощностью 6 л. с., получавшей пар давлением 30 кгс/см<sup>2</sup> от котла, приспособленного для работы на твердом и жидком топливе. При нахождении лодки в надводном положении машина работала на паре, поступавшем от котла, отапливаемого дровами или древесным углем, а в подводном — на сжатом воздухе в режиме пневмодвигателя или от котла, для чего перед погружением топку герметизировали и в ней сжигали медленногорящие брикеты топлива, выделяющего при горении кислород. Кроме того, в качестве резервного варианта в подводном положении котел можно было отапливать скипидаром, который пульверизировался в топку сжатым воздухом или кислородом.

Для своего времени подводная лодка О. Б. Герна была значительным шагом вперед. Ее металлический веретенообразный корпус был разделен двумя переборками на три отсека. Лодка была оснащена системой регенерации воздуха, состоящей из цистерны с известью, размещенной в трюме среднего отсека; вентилятора, прокачивающего через цистерну воздух; трех баллонов с кислородом, периодически добавляемым в очищаемый воздух.

Подводная лодка была построена в 1867 г. на Александровском литейном заводе в Петербурге. Однако испытания корабля, проводившиеся в Итальянском пруду Кронштадта, затянулись на девять лет. За это время Герн внес ряд усовершенствований. Но плавать под водой лодка могла только под пневмодвигателем, так как герметизировать топку котла не удалось. Для устранения этого и некоторых других недостатков тре-





Схематическое изображение подводной лодки типа *Давид*

бовались средства, которые военно-инженерное ведомство всячески урезало.

Между тем в истории подводного плавания произошло знаменательное событие. До гражданской войны 1861—1865 гг. в США практически не уделялось внимания подводному кораблестроению. С началом войны южане объявили открытый конкурс на лучший проект подводной лодки. Из представленных проектов предпочтение было отдано подводной лодке инженера Аунлея, под руководством которого и была построена серия небольших железных лодок цилиндрической формы с заостренными оконечностями, длиной около 10 и шириной около 2 м. Первая лодка получила название *Давид* по имени библейского юного Давида, победившего великана Голиафа. Под голиафами, естественно, подразумевались надводные корабли северян. *Давид* был вооружен шестовой миной с электрическим запалом, взрываемым изнутри лодки. Экипаж состоял из девяти человек, восемь из которых вращали коленчатый вал с гребным винтом. Удержание глубины погружения осуществлялось горизонтальными рулями. По сути это были полупогружающиеся корабли, при движении которых в подводном положении над поверхностью воды оставалась плоская палуба.

В октябре 1863 г. лодка этой серии атаковала стоявший на якоре броненосец северян, но взрыв был осуществлен преждевременно и она погибла. Спустя четыре месяца аналогичную попытку предприняла лодка *Ханли*, но от волны проходившего рядом парохода она резко накренилась, черпнула воду и затонула. Лодку подняли и отремонтировали. Но злой рок преследовал ее. Лодки типа *Давид* имели недостаточную остойчивость<sup>1</sup>, в результате чего ночью стоявшая на якоре *Ханли* внезапно перевернулась. Лодку вновь восстановили. Для выяснения причин аварий с участием Аунлея провели всесторонние испытания, в ходе которых *Ханли* снова затонула со всем экипажем и изобретателем. Последовали очередные подъем и ремонт, после которого 17 февраля 1864 г. *Ханли* стала героем события, о котором в «Морской истории гражданской войны» написано:

14 января Морской министр написал вице-адмиралу Дальгорну, командующему флотом у Чарльстона, что по полученным им сведениям конфедераты спустили на воду новое судно, способное уничтожить весь его флот... ночью 17 февраля недавно построенный прекрасный корабль *Хаузатоник* в 1200 тонн водоизмещением, стоявший на якоре перед Чарльстоном, был уничтожен при следующих обстоятельствах: около 8 ч 15 мин вечера был замечен в саженях 50 от корабля какой-то подозрительный предмет. Он имел вид доски, плывущей на корабль. Через две минуты он был уже около судна. Офицеры были заблаговременно предупреждены и имели описание новых «адских» машин со сведениями о наилучшем способе избавляться от них. Вахтенный начальник приказал потравить якорные канаты, дать ход машине и вызвать всех наверх. Но, к несчастью, было уже поздно... Ста фунтов пороха на конце шеста оказалось достаточным для уничтожения самого сильного броненосца [3].

Правда, сама лодка не избежала участи своей жертвы. Как выяснилось позже, *Ханли* не успела отойти на безопасную дистанцию и была втянута внутрь броненосца вместе с водой, хлынувшей через пробоину. Но *Давид* сокрушил Голиафа.

Гибель *Хаузатоника* вызвала резонанс в военно-морских ведомствах разных стран и привлекла внимание к оружию, которое еще совсем недавно многими не воспринималось всерьез.

---

<sup>1</sup> Остойчивость подводной лодки — способность плавать в положении устойчивого равновесия (прямом или наклонном), а также самопроизвольно возвращаться к нему по прекращении воздействия внешних сил, вызвавших отклонение от положения равновесия.

## СУДЬБА ТАЛАНТА

Торпеда Александровского. Новые проекты. Реклама и действительность

Иван Федорович Александровский не прекращал изобретательскую деятельность в области подводного оружия. В 60-х годах 19 в. во флотах всех стран уделялось первостепенное внимание бронированию кораблей. Броня надежно укрывала личный состав и материальную часть от артиллерийского огня. Все настоятельнее ощущалась необходимость в эффективном средстве поражения броненосцев, и такое средство в 1865 г. русскому морскому министерству предложил Александровский, представив проект самодвижущейся мины, названной им «торпеда». Только через три года министерство разрешило изобретателю изготовить мину... «за собственные деньги с последующим возмещением». А между тем в 1866 г. владелец завода в Австрии англичанин Уайтхед запатентовал самодвижущуюся мину, спроектированную капитаном австрийского флота Лупписом. Первая мина Уайтхеда имела скорость 6—7 уз, в то время как торпеда Александровского — около 10 уз. Но Уайтхед сумел быстро организовать производство защищенной патентом мины и тем самым вынудил морские державы (в том числе Россию) приобретать их у него либо изготавливать по закупленным опять же у него лицензиям.

Стремление создать эффективный подводный корабль не оставляет Александровского. В октябре 1875 г. он предложил морскому министерству проект полуподводной лодки водоизмещением 630 т, которая могла плавать, оставляя на поверхности воды лишь высокую смотровую рубку. Комбинированная энергетическая установка состояла из паровой машины и котла для движения в полуподводном положении и работавшего на сжатом воздухе пневматического двигателя для движения под водой на глубине около 1,5 м, ограниченной высотой смотровой рубки. По замыслу изобретателя такая лодка имела возможность сближаться с противником, оставаясь почти неуязвимой для его артиллерии, а сама при этом могла с близкой дистанции эффективно использовать торпедное оружие. Предложение было отклонено.

В 1876 г. неутомимый изобретатель выдвинул идею подводной лодки с паросиловой установкой, паровые кот-

лы которой отапливались нефтью, что позволяло почти мгновенно прекращать горение в топке при погружении. В подводном положении котлы служили аккумуляторами тепла, так как после прекращения горения оставшегося в них пара хватало для работы паровой машины в течение некоторого времени. Свое предложение Александровский обосновывал тем, что «сам видел в Нью-Йорке локомотив, действующий без огня в продолжение  $3/4$  ч с помощью котла, насыщенного паром». И это предложение не встретило поддержки.

Много лишений и горя пришлось пережить И. Ф. Александровскому, пожертвовавшему лучшими годами жизни и личным благополучием ради усовершенствования отечественного флота. Ведь для реализации идей и изобретений, в финансировании которых отказывало морское министерство, он распродал личное имущество и испытывал неимоверную нужду. Иван Федорович серьезно заболел и был помещен в больницу для бедных, где в 1894 г. и скончался на 77-м году жизни. Среди немногих шедших за гробом было несколько стариков — бывших рабочих Балтийского завода, пришедших проводить в последний путь изобретателя-патриота.

Идею Александровского об использовании для движения подводной лодки пара, аккумулированного в котле, заимствовали иностранцы. Через три года после того как Морской технический комитет отказал изобретателю, в Англии по проекту инженера Гаррета была построена подводная лодка с подобной энергетической установкой. Паровой котел, рассчитанный на рабочее давление пара  $10 \text{ кгс/см}^2$ , при нахождении лодки в надводном положении работал на пониженном давлении, а перед погружением форсировался и давление поднималось до рабочего. Затем горение прекращалось, и паровая машина продолжала работать за счет оставшегося в паросборнике котла пара. На испытаниях выяснилось, что запаса пара хватало на 12 миль плавания под водой. Но из-за несчастного случая, в результате которого подводная лодка затонула, завершить испытания не удалось.

Еще в начале испытаний лодки Гаррета на нее обратил внимание шведский изобретатель артиллерийских орудий Норденфельд, с той поры изменивший старой привязанности. Вступив в компанию с Гарретом, Норденфельд построил несколько подводных лодок с аналогичной энергетической установкой. Первая из них

водоизмещением около 60 т, вошедшая в строй в 1885 г., примечательна тем, что на ней впервые для корпуса была применена мягкая сталь толщиной около 10 мм, что позволило существенно уменьшить массу корпуса. Паровая машина мощностью 10 л. с. снабжалась паром от обычного судового котла с угольным отоплением и естественной тягой. Пар накапливался не только в паросборнике котла, но и в двух специальных резервуарах, размещенных в носовой и кормовой оконечностях лодки. Котел сообщался с атмосферой двумя трубами (подвод воздуха и отвод дымовых газов). Перед погружением лодки трубы закрывались невозвратными запорками. Предполагалось, что аккумулированного пара должно хватить на подводное плавание со скоростью 3 уз на расстояние 12—16 миль.

Испытания, принявшие вначале сенсационный характер, закончились неудачно. Обнаружились серьезные недостатки, среди которых такие существенные, как чрезмерная сложность перехода лодки из надводного в подводное положение в связи с необходимостью изменять режим работы парового котла, малая скорость и совершенно неприемлемая дальность плавания в подводном положении. Проект был доработан и по нему построили одну за другой три подводные лодки, широко разрекламировав их тактико-технические элементы. Поверив рекламе, лодки поторопились приобрести Греция и Турция, но вскоре выяснилось, что корабли непригодны для боевого использования. Пытаясь пристроить последнюю лодку, фирма «Норденфельд и К<sup>0</sup>» предложила ее России. Специальная комиссия, командированная в Англию, забраковала лодку. Член комиссии главный корабельный инженер Петербургского порта Н. Субботин в заключении о подводной лодке писал:

Неужели в вопросах серьезных, в вопросах о боевых единицах военных флотов возможны и терпимы такие рекламы?<sup>1</sup>

Несмотря на существенные недостатки, подводная лодка Норденфельда заслуживает внимания, так как на ней была реализована и проверена идея оригинального единого двигателя И. Ф. Александровского. С позиций подводного кораблестроения нашего времени ее легко критиковать, но при этом не следует забывать, что история техники изобилует примерами ошибок и неоптимальных решений новаторов, с учетом опыта которых

<sup>1</sup> ЦГА ВМФ, ф. 421, оп. 1, д. 987, л. 51.

изобретатели последующих поколений создавали более совершенные образцы. Такова диалектика прогресса в технике.

## ОБРАЩЕНИЕ К ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ

Взрыв на Одесском рейде. Первая  
электрическая. Аккумуляторы.  
Опять водомет?

Значительный вклад в развитие подводного кораблестроения внес Степан Карлович Джевецкий — незаурядный широко образованный инженер-новатор, приложивший свой талант ко многим областям науки и техники.

Проект подводной лодки Джевецкий начал разрабатывать в 1876 г. Строить ее пришлось на собственные средства, так как русское морское министерство не поддерживало никому неизвестного изобретателя и отказало в финансировании. Небольшой одноместный корабль длиной около 5 м приводился в движение гребным винтом, вращаемым от педального привода. В 1879 г. Джевецкий продемонстрировал лодку на Одесском рейде командованию Черноморского флота и взорвал поставленную на якорь баржу, прикрепив к ее днищу мину.

После положительной оценки специально созданной комиссией боевых возможностей лодки Джевецкий разработал проект более крупного подводного корабля, который был построен в Петербурге на Невском заводе. Испытания прошли настолько успешно, что с учетом дополнительных пожеланий по заказу военно-инженерного ведомства изобретатель разработал проект, по которому в 1881—1882 гг. была построена серия подводных лодок водоизмещением около 11 т из 50 единиц, предназначавшихся для обороны берегов в помощь приморским крепостям. Гребной винт вращали четыре человека с помощью педального привода. Вооружение составляли две мины, расположенные снаружи в углублениях корпуса и обладавшие положительной плавучестью. При нахождении лодки под неприятельским кораблем мины отсоединялись, всплывали и прижимались к днищу корабля, после чего их взрывали из лодки, отошедшей на безопасное расстояние. Воздушный компрессор системы регенерации воз-



С. К. Джевецкий

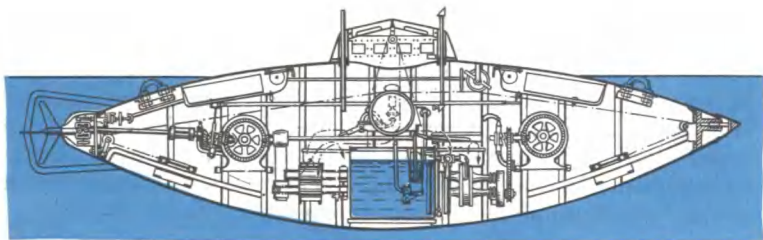
духа (с приводом от гребного вала) прогонял воздух через раствор едкого натра, поглощавшего углекислый газ, после чего воздух снова поступал в лодку. К регенерированному воздуху периодически добавлялся кислород из баллона. Головная лодка серии была подвергнута всесторонним испытаниям, которые прошли успешно.

Для изобретателя все складывалось весьма удачно. Получено признание и материальное благополучие.

Можно бы и успокоиться. Но не таков был С. К. Джевецкий. Всегда неудовлетворенный собой, он понимал, что небольшие подводные лодки с педальным приводом не имеют будущего. Так оно и случилось. Спустя пять лет после постройки лодки были признаны утратившими боевое значение и поставлены на прикол, либо переоборудованы в плавучие бакеы. Джевецкий увлекся новой идеей.

Техническое решение, получившее на долгие годы прописку в подводном плавании, впервые было предложено в 1854 г. нашими соотечественниками инженером-технологом А. Николаевым и морским инженером Н. Гилленшмидтом, разработавшими проект подводной лодки, гребной электродвигатель которой должен был получать электропитание по проводам от батареи гальванических элементов, размещенной на борту обеспечивающего судна. Несколько позже с подобным предложением выступили французский профессор Дэви и англичанин Ньютон. Но первым построил электрическую подводную лодку в период гражданской войны в США инженер — северянин Олститт.

Олститт пошел дальше своих предшественников, разместив батарею гальванических элементов на борту подводной лодки, что сделало ее независимой от внешнего источника энергии. Не исключено, что Жюль Верн «оснастил» свой *Наутилус* электрической установкой



Подводная лодка С. Джевецкого

под влиянием появившейся в то время подводной лодки Олститта. Больше того, на подводной лодке Олститта электрическая установка предназначалась только для подводного хода, а для надводного была установлена паровая машина. Смелая и рациональная идея изобретателя не была подкреплена соответствующими техническими возможностями. Если паросиловые установки в ту пору достигли значительного совершенства не только в отношении надежности, но и в части массогабаритных показателей, то гальванические элементы имели очень большую удельную массу. В результате Олститту удалось разместить на лодке маломощный источник электроэнергии, с которым она могла развить незначительную скорость и имела недопустимо малую дальность плавания в подводном положении.

Шло время. Появились и нашли применение в промышленности более совершенные электродвигатели, динамомашин и другое электрооборудование. В 70-х годах появились электрические аккумуляторы. Батарея гальванических элементов, кроме того что была очень тяжелой, после разрядки требовала замены, в то время как аккумуляторную батарею можно было периодически подзаряжать, не снимая с подводной лодки.

Значительный вклад в создание и совершенствование электрических аккумуляторов внес русский ученый В. Н. Чиколев, который в 1873—1877 гг. разработал аккумулятор из свинцовых пластин, покрытых суриком. Пластины, разделенные прокладками из пергамента, собирались в пакеты и заливались раствором кислоты. Но чиновничий аппарат царской России в очередной раз пренебрег предложением соотечественника. Между тем идею Чиколева реализовал и запатентовал в 1884 г. французский ученый К. Фор. В дальнейшем свинцово-



кислотный аккумулятор был усовершенствован электротехником Д. А. Лачиновым, которому также не удалось реализовать свое изобретение в России, чем воспользовался соотечественник Фора — инженер Ле Монто. В 1883 г. крупный русский специалист в области мин и корабельной электротехники флотский офицер Е. П. Твертинов разработал аккумулятор с решетчатыми пластинами, получивший широкое распространение.

Свинцово-кислотный аккумулятор в простейшем варианте представляет собой эбонитовый бак, в котором находятся две свинцовые пластины. Электролитом служит раствор серной кислоты определенной плотности. Если к пластинам подвести постоянный ток, то под воздействием электрохимических процессов на пластине, соединенной с положительным полюсом источника тока, будет образовываться перекись свинца, а на другой, соединенной с отрицательным полюсом, — губчатый свинец. Электрическая энергия, таким образом, в процессе заряда аккумулятора преобразуется в химическую. В этом состоянии электрическая энергия может сохраняться долгое время, ограниченное лишь так называемым саморазрядом, то есть способностью аккумулятора саморазряжаться за счет существования практически неизбежной электропроводности между его зажимами. Если по окончании заряда зажимы аккумулятора соединить проводником, то по нему пойдет ток. В процессе разряда перекись свинца на положительной пластине и губчатый свинец на отрицательной переходят в окись свинца, то есть процесс идет в обратном направлении с превращением химической энергии в электрическую.

Напряжение аккумуляторных элементов невелико, всего 2—2,5 В, поэтому их последовательно соединяют между собой, формируя батарею. Однако и после этого суммарная емкость батареи остается относительно небольшой. Можно было бы увеличить количество элементов в батарее, но у них большая удельная масса. Низкие массогабаритные показатели считались и продолжают считаться специфическим недостатком источников тока этого типа.

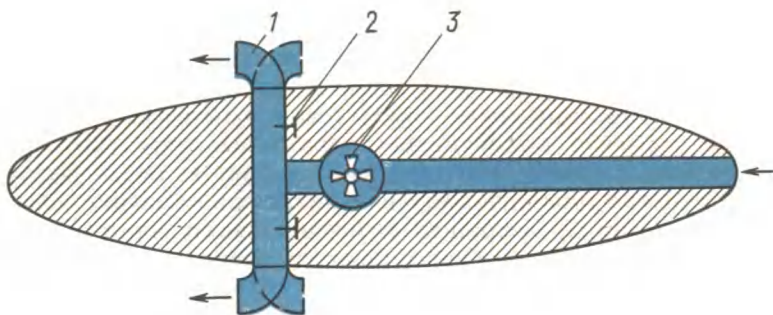
В рассматриваемый период, когда отсутствовали достаточно надежные подводные двигатели, аккумуляторная батарея открывала возможность существенно улучшить тактико-технические элементы подводных лодок, и С. К. Джевецкий, одним из первых оценивший эту перспективу, предпринял конкретные шаги к ее реализации. В 1883 г. он предложил военно-инженерному ведомству, в ведении которого находились серийные подводные лодки его конструкции, в виде опыта модернизировать две из них, заменив pedalный привод электромотором, питающимся от аккумуляторной батареи.

Изобретатель не ограничился применением электричества на модернизируемых лодках, решив оснастить

одну из них гребным винтом, а вторую водометным движителем. Джевецкий был хорошо информирован о неудачных попытках применения водометного движителя в кораблестроении, но руководствовался не столько желанием повысить эффективность движителя, что считали главным все изобретатели, применявшие до этого водомет, сколько стремлением уменьшить сопротивление лодки и тем самым увеличить ее подводную скорость. Джевецкий полагал, что убрав с корпуса выступающие части и в том числе гребной винт, который также относил к ним, считая что он создает наибольшее сопротивление, удастся значительно снизить сопротивление подводной лодки. Кроме того, на водометный движитель Джевецкий возлагал функцию управления кораблем и рассматривал это как первостепенное его достоинство.

На подводной лодке с водометным, или, как его называл Джевецкий, гидрореактивным движителем, забортная вода засасывалась центробежным насосом через трубу, проходящую сквозь носовую часть корпуса, и отводилась за борт по двум трубам, оборудованным поворотными насадками. При помощи привода насадки изнутри лодки можно было поворачивать отверстия назад или вперед, а также вверх и вниз, благодаря чему осуществлялись передний или задний ход лодки, ее погружение или всплытие. Движитель позволял управлять лодкой и в горизонтальной плоскости, в связи с чем отпадала необходимость в вертикальном руле, также являвшемся выступающей частью. Для этой цели на обеих отливных трубах были предусмотрены клапаны, открытием и закрытием которых регулировался приток воды в каждую из труб в отдельности, что позволяло подводной лодке выполнять не только повороты, но быстро разворачиваться на обратный курс и притом без хода. Это была первая в мире подводная лодка, на которой движитель предназначался не только для движения, но и для управления. Кроме того, насос движителя мог использоваться для откачки воды из балластных цистерн при всплытии подводной лодки и как водоотливное средство при авариях, сопровождающихся поступлением воды внутрь корпуса.

Получив одобрение, Джевецкий в 1885 г. закончил переоборудование лодок, несмотря на серьезные трудности с поставкой электродвигателей и аккумуляторных батарей французской фирмой «Бреге», которая внезапно отказалась от заказа, поставив под угрозу срыва срок



Схематическое изображение водометной подводной лодки С. Дджевецкого.

1 — поворотные насадки; 2 — регулировочные клапаны; 3 — центробежный насос

окончания работ. В создавшейся обстановке Дджевецкий, со свойственной ему предприимчивостью, самостоятельно спроектировал и организовал изготовление указанного электрооборудования, которое оказалось настолько удачным, что получило премию на Третьей петербургской электрической выставке 1886 г.

Обе подводные лодки были испытаны на Неве. Винтовая развила скорость около 4 уз, а водометная — менее 3 уз. Кроме того, водометный движитель оказался чрезмерно сложным в эксплуатации. Забегая вперед, отметим, что еще не раз в конце 19 и начале 20 в. водомет привлекал к себе внимание конструкторов кораблей, но в конечном счете всех их постигла неудача, и движитель этого типа надолго заработал себе репутацию бесперспективного в кораблестроении. Надолго, но не навсегда...

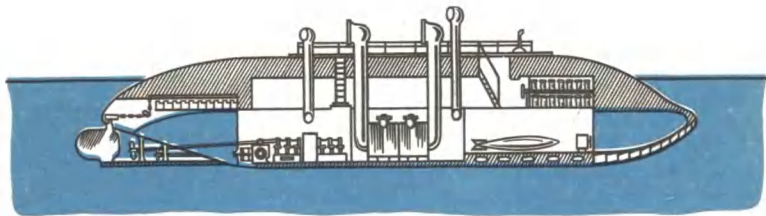
Несмотря на весьма скромные результаты испытаний, Дджевецкий продолжал считать, что электрические подводные лодки намного эффективнее приводимых в движение мускульной силой человека, и добивался переоборудования лодок с педальным приводом в электрические. В 1887 г. он пишет на имя управляющего министерством:

...Я беру на себя смелость вновь ходатайствовать перед Вашим превосходительством о предоставлении мне возможности к осуществлению вышеупомянутого проекта, тем более, что в настоящее время, когда внимание иностранных правительств обращено на столь важную сторону военного дела, как подводная лодка, учреждены конкурсы на лучшие в этой области изобретения, а некоторыми правительствами уже и сооружены подобные аппараты с применением электрических двигателей, представляется несомненно желательным довести до конца начатое впервые в России дело, на которое уже затрачено столько усилий и средств... [4].

Доводы изобретателя не встретили поддержки в морском министерстве, руководители которого сторонились новаторских решений и не давали им ходу.

В то же время, как указывал Джевецкий, за рубежом строились электрические лодки. В 1886 г. на Темзе была испытана подводная лодка английских инженеров Кемпбелла и Аша водоизмещением около 250 т, на каждый из двух гребных валов которой работал электродвигатель мощностью 25 л. с. Лодка могла идти около 10 ч в надводном положении со скоростью 8 уз и в подводном со скоростью около 4 уз. Плохие мореходные качества и чрезмерная сложность подготовки торпедных аппаратов к стрельбе (водолаз выходил на верхнюю палубу) вынудили англичан отказаться от серийной постройки таких подводных лодок. Примерно в это же время к созданию электрических подводных лодок приступила Франция.

А Джевецкий? В 1892 г. он выступил с предложением строить «водобронные» корабли и с одобрения Морского технического комитета при участии будущего академика А. Н. Крылова разработал проект «водобронного» миноносца водоизмещением около 550 т, вооруженного торпедами, артиллерийскими орудиями и пулеметами. Необычный корабль состоял из двух частей: погружающегося основного стального корпуса и расположенной над ним узкой деревянной надстройки, заполненной пробкой, которая играла роль поплавок. При плавании в подводном положении использование надстройки, естественно, исключалось. Для погружения в «водобронное» положение в балластные цистерны принималось около 60 т забортной воды, после чего открывались отверстия у ватерлинии в надстройке, через которые заполнялось водой все межпалубное пространство и над водой оставалась лишь надстройка. В таком положении все жизненно важные части миноносца были защищены почти двух-



«Водобронный» миноносец С. Джевецкого

метровым слоем воды. Испытания специально изготовленного плавучего отсека, копирующего среднюю часть корабля, показали, что он будет неуязвим даже для 150-мм снарядов [20].

Проектная скорость миноносца в надводном положении составляла 25, в «водобронном» — 19 и в подводном — 15 уз. В качестве двигателей надводного хода предусматривались три паровые турбины мощностью 2000 л. с. каждая, пар к которым поступал от котлов с нефтяным отоплением. Ход в подводном положении и реверс<sup>1</sup> обеспечивал гребной электродвигатель, расположенный в водонепроницаемой выгородке надстройки и получавший питание от аккумуляторной батареи. Замечательным нововведением являлось предусмотренное при плавании в надводном и «водобронном» положениях использование гребного электродвигателя с приводом от турбины в качестве электрогенератора для зарядки аккумуляторной батареи.

Руководители морского министерства проект встретили скептически. По замечаниям Морского технического комитета Джевецкий в течение почти десяти лет несколько раз его перерабатывал, но каждый раз ему предъявляли все новые и новые требования. Своим нерешительностью и нежеланием брать на себя ответственность чиновники морского министерства в очередной раз не дали хода отечественному изобретению, опережавшему во многом зарубежную техническую мысль.

Подводные лодки конца 19 в. не представляли реальной угрозы для надводных кораблей, главным образом, из-за низких ходовых качеств. Броненосцы той поры могли развивать скорость около 18 уз, а миноносцы и истребители приблизились к 30-узловому барьеру. Кроме того, надводные корабли могли действовать в большем удалении от баз. Что могли противопоставить им подводные лодки с чрезвычайно малой скоростью и совершенно недостаточной дальностью плавания?

---

<sup>1</sup> Реверс — процесс изменения направления вращения гребного винта на обратное для изменения направления движения корабля (судна).

# 2

## ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕИ

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ

*Жимнот — Густав Зеде. ВРШ.*

Последние годы 19 в. в подводном кораблестроении ознаменовались успехами Франции. В отличие от морского министерства России, не жаловавшего отечественных изобретателей, руководящие военно-морские круги Франции поддерживали энтузиастов подводного плавания.

В 1885 г. по заказу французского правительства инженер Клод Губэ спроектировал и построил одноместную подводную лодку водоизмещением около 1,5 т с веслами в качестве движителя. В район боевых действий она могла быть доставлена на борту броненосца или крейсера. Лодка оказалась неудачной и не была принята морским министерством. Через год Губэ построил новую лодку водоизмещением около 5 т с гребным электродвигателем, питающимся от аккумуляторной батареи. Эта лодка из-за недостаточной скорости оказалась неуправляемой в подводном положении.

Успехи французского подводного кораблестроения стали заметными с той поры, когда к созданию подводных лодок был привлечен видный конструктор надводных кораблей и дирижаблей Дюпюи де Лом. По его настоянию было решено перед серийной постройкой подводных лодок проводить испытания и исследования на опытном образце, который Дюпюи де Лом взялся спроектировать. Смерть помешала ему закончить проект, и его завершил талантливый инженер Густав Зеде.

Опытная подводная лодка *Жимнот* водоизмещением 31 т, корпус которой с заостренными оконечностями напоминал торпеду, вошла в строй в 1888 г. В качестве

двигателя (единого для надводного и подводного хода) на ней был применен электромотор мощностью 50 л. с. с питанием от аккумуляторной батареи массой 9,5 т, что составило почти 30 % от водоизмещения корабля. Кроме электроэнергетической установки на *Жимноте* реализовали и другие нововведения. Например, изменение глубины осуществлялось не только заполнением балластных цистерн, но и с помощью горизонтальных рулей. Отклонение от заданного курса контролировалось следящей системой, связанной с гирокомпасом. Лодку испытывали по широкой программе. Скорость составила 7/5 уз, а дальность плавания 65/45(3) миль<sup>1</sup>. Испытания позволили не только проверить на практике конструктивные решения, но и получить много экспериментальных данных, необходимых при проектировании.

После испытаний *Жимнота* в 1889 г. Зеде получил заказ на более крупную опытную подводную лодку *Сирена* водоизмещением 266/272 т, корпус которой был выполнен из бронзы. Как и *Жимнот*, лодка была оснащена электрической установкой. Относительно большое водоизмещение позволило разместить на ней мощную аккумуляторную батарею, обеспечивающую скорость 12/10 уз. Зеде не удалось закончить постройку лодки. Во время испытаний пороховых торпед он был тяжело ранен и вскоре скончался, а *Сирену*, позже переименованную в *Густав Зеде*, достраивал инженер-кораблестроитель Ромацоти.

Испытания лодки завершились лишь в 1898 г. демонстрацией боевых возможностей. На Тулонском рейде она удачно провела торпедные атаки линейных кораблей, один из которых стоял на якоре, а другой шел со скоростью около 10 уз. На маневрах французского флота в 1901 г. *Густав Зеде*, скрытно проникнув на рейд, всплыл в 200 м от стоявшего на якоре броненосца и выпустил торпеду. Внезапная атака произвела потрясающее впечатление. Один из адмиралов, до того считавшийся принципиальным противником подводного флота, вспоминал:

...Волосы встали у меня дыбом на голове при виде вынырнувшей лодки. Ничего подобного я себе не мог даже вообразить и теперь вполне понимаю, что броненосцы уже не единственные господа моря.

---

<sup>1</sup> Здесь и далее при указании дальности плавания подводной лодки в скобках приводится скорость, при которой эта дальность обеспечивается.

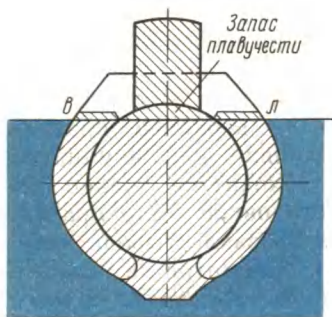
Но *Густав Зеде* продемонстрировал не только достоинства. Несмотря на три пары горизонтальных рулей, лодка плохо управлялась на подводном ходу, рыскала на глубине, заливалась и плохо всходила на волну в надводном положении. Даже открыть верхнюю крышку входного люка в шторм представляло для командира весьма рискованную операцию. Обходиться только перископом для наблюдения за обстановкой было практически невозможно, так как объектив захлестывало набегаящими волнами и потоком брызг. Несмотря на мощную аккумуляторную батарею, дальность плавания полным ходом в надводном положении составила 175 миль при скорости 5 уз. А ведь для зарядки батареи лодка должна была каждый раз возвращаться в базу. С такой дальностью плавания и низкими мореходными качествами ее можно было использовать только в прибрежной зоне, а не в открытом море, где находились надводные корабли и транспортные суда противника.

Так называемый улучшенный проект, по которому в конце 19 в. была построена первая серия французских боевых подводных лодок, во многом подтвердил недостатки прототипа. Но, несмотря на все эти недостатки, средства, затраченные на создание экспериментальных подводных лодок, окупились сторицей. Опыт их проектирования, постройки, испытаний и эксплуатации позволил разработать основные принципы конструирования подводных кораблей, избежать в будущем гораздо больших затрат и, что немаловажно, выиграть время.

Низкие мореходные качества французских электрических подводных лодок являлись следствием очень малого запаса плавучести — одной из первостепенных характеристик подводного корабля.

По современной терминологии, подводная лодка может плавать в следующих основных положениях, каждому из которых соответствует определенное водоизмещение: *крейсерское* — основное надводное положение; *позиционное* — промежуточное надводное положение, которое используется как переходное при погружении и всплытии (над поверхностью воды находятся только ограждение рубки и палуба надстройки), что снижает возможность обнаружения лодки и сокращает время ее погружения под воду; *подводное* положение. Из крейсерского в позиционное и подводное положение лодка переходит с помощью балластных цистерн, которые заполняются забортной водой, а при всплытии освобождаются от нее. Количество воды, принимаемой в балластные цистерны, прямо связано с *запасом плавучести*, который определяется надводным непроницаемым объемом лодки. При плавании в подводном положении лодка не имеет запаса плавучести. Обычно запас плавучести выражается в процентах от крейсерского водоизмещения лодки. С ростом запаса плавучести в надводном положении





улучшаются непотопляемость лодки и ее мореходные качества, но при этом возрастают габариты, ухудшаются скрытность, ходовые и маневренные качества в подводном положении и, что весьма важно, увеличивается время погружения.

Запас плавучести у французских электрических подводных лодок составлял всего 3—8 %.

Не менее серьезным недостатком чисто электрических подводных лодок являлась весьма ограниченная дальность плавания. Еще в процессе испытаний *Густава Зеде* с целью экономии энергии аккумуляторной батареи проводились опыты буксировки лодки надводным кораблем до предполагаемых районов боевых действий. Рассматривался вариант сопровождения электрических лодок крупным надводным кораблем, специально оборудованным для их буксировки, конвоирования и зарядки аккумуляторных батарей. Было даже принято решение о переоборудовании для этих целей минного транспорта. Но от подобной идеи пришлось отказаться, так как в этом случае подводная лодка лишалась самостоятельности, будучи зависимой от обеспечивающего судна, и теряла свое главное достоинство — скрытность.

Кроме того, серьезным недостатком электрической установки являлась сложность изменения частоты вращения гребного электродвигателя. По условиям плавания любого корабля необходимо в широком диапазоне изменять его скорость, а следовательно, и число оборотов гребного винта. В рассматриваемый период времени электродвигателей с переменной частотой вращения не существовало. Частоту вращения можно было изменять посредством реостата, но при этом могла быть получена разность в оборотах всего лишь около 3 % от полных. Чтобы выйти из положения, лодки оборудовали очень сложным пусковым устройством, которое для изменения скорости корабля последовательно выполняло следующие операции: включало ток в якорь электродвигателя, смещало щетки, меняло направление тока и посредством реостата замыкало ток. Изменение числа оборотов достигалось переменной напряжением на клеммах гребного

электродвигателя. Для этой цели аккумуляторная батарея была разделена на 6 групп элементов таким образом, что можно было изменять число групп, включаемых параллельно и последовательно (от 6 групп параллельно, что обеспечивало напряжение 50 В, и до 6 групп последовательно — напряжение 300 В). Такой способ был очень неудобен, так как при каждом изменении скорости лодки требовалось значительное время для манипуляций по переключению групп и последующей корректировке оборотов в пределах вышеуказанных 3 % с помощью реостата. Кроме того, контроллер, пусковое устройство и батарейный переключатель занимали на лодке много места.

Для устранения этого недостатка одна из первых серийных французских электрических подводных лодок — *Морзе* — была оснащена гребным винтом с поворотными лопастями, позже получившим название «винт регулируемого шага» (ВРШ), позволявшим при работе гребного электродвигателя с постоянным числом оборотов, меняя шаг винта, довольно просто и быстро изменять скорость лодки. При остановке лопасти устанавливались в среднее положение, упор винта становился равным нулю и лодка теряла ход. Разворот лопастей в обратное положение обеспечивал реверс. С установкой ВРШ гребным электродвигателем стали управлять одним пусковым реостатом. Но ВРШ имел существенный недостаток. Его КПД был значительно меньше, чем у гребных винтов фиксированного шага, особенно вначале, когда лопасти представляли собой плоские пластины, что диктовалось сложностью механизма поворотного устройства, размещавшегося в ступице винта. Позже, когда лопасти начали изготавливать со спиральной поверхностью, КПД ВРШ удалось значительно повысить.

## НА ПОРОГЕ ПЕРЕМЕН

*Нарвал. Подводные лодки Д. Голланды. Стимулы развития*

В 1897 г. во Франции был объявлен открытый конкурс на разработку проекта подводной лодки с водоизмещением не более 200 т, скоростью 12 уз, дальностью плавания при скорости 10 уз не менее 100 миль, дальностью плавания в подводном положении 10 миль. Столь

небольшие величины дальности плавания объяснялись тем, что условия конкурса разрабатывались исходя из возможностей электрической установки.

Среди работ, представленных на конкурс, выделялся проект французского инженера Макса Лобефа, названный «автономной ныряющей лодкой», которому и было отдано предпочтение. Название отражало главное достоинство корабля, которое было достигнуто за счет отказа от чисто электрической установки и применения для надводного хода паровой машины мощностью 250 л. с., пар к которой поступал от котла с нефтяным отоплением. Такое решение позволило выполнить одно из главных условий конкурса — не применять двигатели, работающие на легком топливе, из-за их высокой взрыво- и пожароопасности. Применение жидкого топлива позволяло по мере расходования замещать его забортной водой, тем самым сохраняя массу лодки неизменной, а следовательно, всегда готовой к погружению. Подводный ход обеспечивал гребной электродвигатель с питанием от аккумуляторной батареи. Перед погружением все люки и отверстия на корпусе лодки закрывались дистанционно, дымовая труба убиралась внутрь.

Казалось бы ничего нового. Раздельные для надводного и подводного хода пароэлектрические установки изобретатели начали применять на подводных лодках задолго до Лобефа. Но паровая машина на *Нарвале* (так была названа лодка) использовалась не только в качестве двигателя надводного хода, но и как привод к гребному электродвигателю при зарядке аккумуляторной батареи. Таким образом, Лобеф первым реализовал на практике идею С. К. Джевецкого, заложенную русским изобретателем в проект «водобронного» миноносца. В результате резко возросло время плавания в подводном положении, так как зарядку батареи можно было производить неоднократно, по мере ее разрядки, и лодка становилась автономной.

Нововведения не ограничивались энергетической установкой. Если до той поры балластные цистерны на подводных лодках размещались внутри корпуса, то на *Нарвале* они были вынесены за его пределы. Лодка имела как бы двойной корпус. Прочный цилиндрический корпус, в котором размещались энергетическая установка, оборудование и экипаж, был заключен во второй, проницаемый для воды наружный (легкий) корпус, который в подводном положении не испытывал давления воды

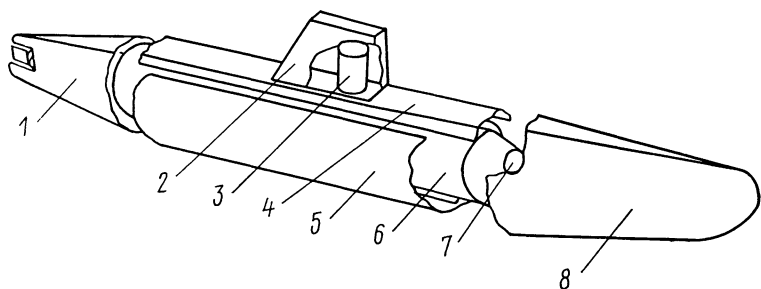
и потому мог быть тонким. В пространстве между корпусами и были размещены балластные цистерны, а также четыре торпедных аппарата системы Джевецкого. В случае повреждения этого корпуса при нахождении лодки под водой ей не угрожал «провал» на глубину из-за изменения массы, так как заполненные балластные цистерны постоянно сообщались с забортной водой. Такая конструкция позволяла придавать внутреннему корпусу форму, наиболее благоприятную с точки зрения обеспечения прочности, а наружному — оптимальную в отношении снижения сопротивления и обеспечения мореходных качеств подводной лодки.

В литературе по истории подводного кораблестроения *Нарвал* называют первой двухкорпусной подводной лодкой, а автора его проекта — изобретателем такой конструкции. Это ошибочное утверждение. Двухкорпусную конструкцию задолго до Лобефа в 1862 г. применил испанец Нарцис Монгуриол на построенной им подводной лодке *Иктино*.

Опережая развитие событий, отметим, что в ходе эволюции подводной лодки претерпевала изменения и конструкция ее корпуса. Ограждение рубки является обтекателем для снижения сопротивления при движении лодки в подводном положении. Легкий корпус определяет архитектурно-конструктивный тип подводной лодки. По этому признаку они делятся на три основные группы: однокорпусные, двухкорпусные и полуторакорпусные. Первые имеют один прочный корпус, заканчивающийся в носу и корме легкими, хорошо обтекаемыми оконечностями, вторые — два корпуса — прочный и легкий. Полуторакорпусные лодки представляют собой разновидность указанных двух типов и имеют по длине однокорпусные и двухкорпусные участки.

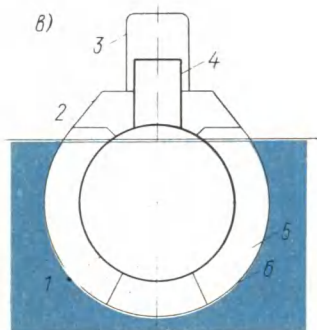
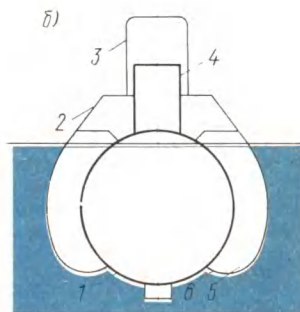
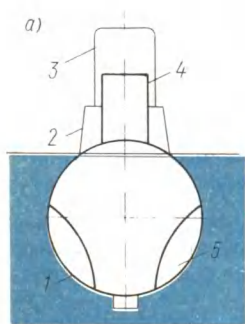
В 1900 г. *Нарвал* вступил в строй. Водоизмещение лодки 117/202 т, скорость 10/5 уз и дальность плавания 400 (8) / 40 (3) миль. Таким образом, по сравнению с чисто электрическими подводными лодками *Нарвал* превосходил их по дальности плавания в надводном положении, а в подводном с учетом возможности неоднократно заряжать в море аккумуляторную батарею имел подавляющее преимущество.

Для улучшения мореходных качеств на *Нарвале* запас плавучести, по сравнению с электрическими подводными лодками, был резко увеличен и составлял 42 %. На переходе в 1901 г. через Ла-Манш в сопровождении миноносца жестокий шторм устроил лодке серьезный экзамен. Конвоир зарывался и рыскал на волнении, а *Нарвал* шел, строго выдерживая курс. Однако для компенсации чрезвычайно большого запаса плавучести при погружении



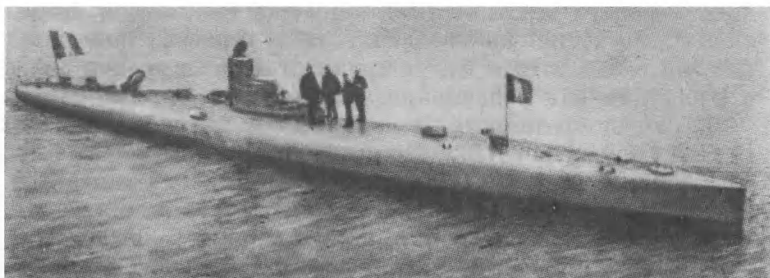
### Основные части корпуса подводной лодки.

1 — кормовая оконечность, 2 — ограждение рубки, 3 — прочная (боевая) рубка, 4 — надстройка, 5 — легкий корпус, 6 — прочный корпус, 7 — носовая концевая переборка, 8 — носовая оконечность



Поперечное сечение корпуса основных типов подводных лодок: а — однокорпусная; б — полуторакорпусная; в — двухкорпусная.

1 — прочный корпус, 2 — надстройка, 3 — ограждение рубки, 4 — боевая рубка, 5 — цистерны главного балласта, 6 — легкий корпус



Подводная лодка *Нарвал*

нужно было принять в балластные цистерны лодки около 80 т заборной воды, на что затрачивалось примерно 15 мин. А до начала погружения следовало еще вывести из действия паросиловую установку. В результате для погружения требовалось около 30 мин, в течение которых подводная лодка могла быть обнаружена и уничтожена противником.

Несмотря на указанный недостаток, для своего времени *Нарвал* являлся наиболее совершенным подводным кораблем, и в 1900 г. во Франции были заложены еще четыре подводные лодки такого типа, но несколько большего водоизмещения, с запасом плавучести, сниженным до 26 %. Правда, после их постройки французское морское министерство предприняло попытку вновь вернуться к чисто электрическим подводным лодкам, ссылаясь при этом на специфические недостатки паросиловой установки, особенно в отношении расхода топлива. Но новый морской министр К. Пелетен, вступивший на этот пост в 1902 г., решительно воспротивился и настоял на строительстве подводных лодок с раздельными для надводного и подводного хода энергетическими установками, до той поры не применявшимися в кораблестроении, о которых будет рассказано несколько позже...

Энергичную деятельность в подводном кораблестроении конца 19 в. развили США. Наибольшего успеха в этой области достиг американец ирландского происхождения учитель по профессии Джон П. Голланд, являвшийся членом ирландского революционного общества Фенианское братство, ставившего своей целью освободить Ирландию из-под английского владычества. Молодой патриотически настроенный учитель, интересовавшийся вопросами подводного плавания, считал, что подводные

лодки смогут противостоять могущественному английскому флоту, так как позволят заблокировать побережье Англии и тем самым будут препятствовать высадке войск в Ирландии для подавления восстания.

Свою деятельность в подводном кораблестроении Голланд начал в 1875 г. Понимая, что успех может быть достигнут только на базе механического двигателя, он обратил внимание на появившиеся в то время двигатели внутреннего сгорания, работавшие на легком топливе. Успех пришел не сразу. В 1881 г. Голланд построил подводную лодку водоизмещением 19 т с керосиновым мотором мощностью 15 л. с., вооруженную пушкой, которая могла в подводном положении выбрасывать сжатым воздухом снаряд на расстояние 40 м. Испытания закончились неудачно. Голланд не отчаялся и продолжал разрабатывать проекты новых подводных кораблей. Удача любит упорных. Только девятый вариант подводной лодки водоизмещением 65/74 т, построенной в 1899 г. и названной в честь основателя фирмы *Голландом*, принес успех. Надводный ход (8 уз) обеспечивался бензиновым двигателем мощностью 50 л. с., а подводный (6 уз) — гребным электродвигателем такой же мощности с питанием от аккумуляторной батареи, масса которой составляла 21 т, то есть 29 % от водоизмещения лодки. Как и Лобеф на *Нарвале*, Голланд предусмотрел зарядку батареи гребным электромотором с приводом от двигателя надводного хода. Благодаря удачному расположению рулей лодка хорошо управлялась в подводном положении.

На маневрах 1900 г. *Голланд* удачно атаковал надводные корабли. Сразу после маневров в короткий срок Голланд построил подводную лодку *Фултон*, ознакомиться с которой предложил ряду государств. Реклама сделала свое дело. Фирма начала получать заказы на подводные лодки не только от морского ведомства США, но и из-за рубежа. Одной из первых ее услугами воспользовалась... Англия. Алчность победила патриотизм, и англичане получили из рук бывшего ирландского революционера Голланда оружие, которое он когда-то начал создавать против них.

Совершенствование энергетического машиностроения, развитие оптики, позволившее создать надежные перископы, усовершенствование торпедного оружия и другие достижения в областях техники, связанных с подводным кораблестроением, непосредственным образом отразились на качестве подводных лодок и на отношении к ним

в военных ведомствах государств. Господствовавшее в 19 в. мнение о подводных лодках, как об оружии слабых, постепенно изживало себя, чему способствовало и развитие миноносных надводных кораблей. Если водоизмещение первых миноносок в 70-х годах 19 в. не превышало 30 т, то у пришедших им на смену миноносцев оно возросло до 200—250 т. Такие корабли на значительном расстоянии обнаруживались неприятелем и представляли хорошую мишень для его артиллерии.

Все настоятельнее ощущалась необходимость в кораблях, способных скрытно, а значит, неожиданно атаковать противника и при этом неуязвимых для его артиллерии. Видный русский кораблестроитель Н. Н. Кутейников по этому поводу писал:

...Идеалом подобного судна, конечно, является *подводная лодка*, не имеющая ни одной выступающей надводной части, или хотя имеющая надводную часть, но весьма ограниченную и невысокую, так что практически попадание в нее артиллерийского снаряда если и возможно, то лишь случайно. Между тем вред от такой лодки, вооруженной металлическими или самодвижущимися минами, может быть нанесен противнику весьма существенный, тем более что подводное судно может атаковать неприятеля в наиболее слабо защищенном пункте — снизу<sup>1</sup>.

В некоторых странах даже высказывалось предположение, что подводные лодки должны прийти на смену миноносцам, которые отойдут как класс кораблей. В результате если в 1900 г. в мире насчитывалось около 40 подводных лодок, то за последующие два года число построенных и заложенных подводных кораблей уже превышало 250. Лидирующее место в этой гонке подводных вооружений занимала Франция, которая к 1901 г. располагала 19 подводными лодками, а к 1907 г. планировала довести их число до 55<sup>2</sup>.

## ПЕРВЕНЦЫ ПОДВОДНОГО ФЛОТА РОССИИ

*Подводные миноносцы. Необычная  
Кета. Испытание войной.*

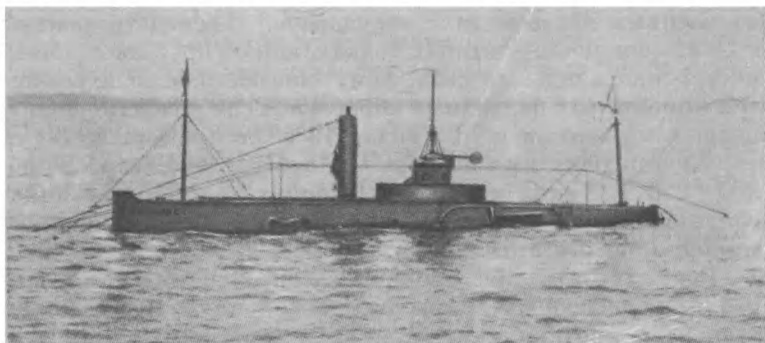
Франция и США уже развернули строительство подводных лодок, когда 19 декабря 1900 г. при опытовом

---

<sup>1</sup> Кутейников Н. Разбор элементов подводных судов. — Вестник Общества морских инженеров. Вып. 4. Спб., 1901, с. 4—5.

<sup>2</sup> Келле Э. Подводные лодки в России в 1904—1905 гг. — Морской сборник, 1934, № 11, с. 64.





Подводная лодка *Дельфин*

бассейне в Петербурге была создана комиссия для разработки первого русского боевого подводного корабля. В комиссию, возглавляемую корабельным инженером И. Г. Бубновым, вошли инженер-электрик М. Н. Беклемишев и инженер-механик И. С. Горюнов. Приступая к работе, комиссия подробно изучила материалы по иностранному подводному кораблестроению, предложения зарубежных фирм и проекты отечественных изобретателей. В работе комиссии участвовал талантливый корабельный инженер Н. Н. Кутейников, выполнивший анализ состояния подводного кораблестроения. В своем труде, базирующемся на аналитических обобщениях и математических расчетах, Кутейников наметил пути дальнейшего развития подводного плавания и определил основные кораблестроительные элементы подводных лодок будущего.

Проект первой боевой русской подводной лодки был разработан в рекордно короткий срок — за четыре месяца, и 5 июля 1901 г. Балтийский завод получил заказ на постройку *Миноносца № 113*, позже переименованного в *Миноносец № 150*. Так, по соображениям секретности, зашифровали первую боевую русскую подводную лодку, впоследствии названную *Дельфином*. По вине иностранных поставщиков оборудования постройка корабля затягивалась. Немецкая фирма «Даймлер» сорвала срок изготовления бензинового двигателя мощностью 300 л. с., сконструированного инженером Б. Г. Луцким, а французские фирмы в течение двух лет выполняли заказ на изготовление гребного электродвигателя и аккумуляторной батареи. В результате только в 1903 г.

*Дельфин* начал испытания, а в 1904 г. вошел в состав флота. Его созданием была доказана возможность постройки подводных лодок по русским проектам на отечественных заводах, подтверждением чему может служить сравнение основных тактико-технических данных *Дельфина* и подводной лодки Голланда *Фултон*:

	<i>Дельфин</i>	<i>Фултон</i>
Водоизмещение, т . . . . .	113/134	105/124
Мощность двигателей, л. с. . .	300/64	160/70
Скорость, уз. . . . .	9/4,5	8,7/7,6
Дальность плавания, мили . .	243(9)/28(3)	204/(8,7)/30/3
Глубина погружения, м . . .	50	30
Вооружение:		
торпедное (число аппаратов)	2	1
артиллерийское (число пулеметов)	1	—

После первых удачных испытаний *Дельфина* морское министерство в августе 1903 г. приняло решение о создании более крупной подводной лодки с улучшенными боевыми и мореходными качествами, проектирование которой было поручено И. Г. Бубнову. В декабре того же года проект был закончен и утвержден, а в январе 1904 г. Балтийский завод приступил к постройке серии подводных лодок типа *Касатка* водоизмещением 152/172 т, мощностью двигателей 120/100 л. с., скоростью 7,5/6,5 уз, дальностью плавания 700(5,5)/46(4) миль и глубиной погружения 50 м, вооруженных четырьмя торпедными аппаратами и пулеметом. Завод блестяще справился с заказом и уже в 1904 г. построил четыре подводные лодки, которые накануне 1905 г. были доставлены по железной дороге во Владивосток.

Несмотря на успехи отечественного подводного кораблестроения, русское морское министерство недооценивало боевые возможности подводных лодок. Примером может служить десятилетняя программа кораблестроения России, принятая в 1903 г. и предусматривавшая к 1914 г. построить 10 подводных лодок, стоимость которых составляла около 1 % общей сметы программы. Начавшаяся русско-японская война «подправила» недалекновидных стратегов. Морское министерство, занимавшееся вопросами подводного плавания от случая к случаю, начало спешно заказывать подводные лодки отечественным заводам, а также Германии и США. К концу войны Россия имела 16 готовых и 8 строившихся подводных

лодок, но заказанные и принятые в спешке они не отличались высоким качеством.

В создавшейся обстановке русские патриоты — энтузиасты подводного плавания предпринимали попытки укрепить отечественный подводный флот. В газетах той поры сообщалось, что на дальневосточный театр военных действий отправлен полупогружающийся миноносец *Кета* под командованием лейтенанта Яновича. Сергей Александрович Янович являлся не только командиром *Кеты*, но и ее конструктором. Интересуясь вопросами подводного плавания, молодой офицер пришел к заключению, что для разведки и обороны прибрежных районов целесообразно использовать небольшие подводные лодки, погружающиеся таким образом, что на поверхности воды остается лишь небольшая часть рубки. При крайней необходимости корабль мог скрываться под водой полностью, при этом время нахождения в подводном положении лимитировалось количеством содержащегося внутри лодки воздуха, необходимого для работы двигателя. После кратковременного всплытия и вентилирования маневр мог повторяться.

Со своим предложением Янович обратился в морское министерство и просил выделить в его распоряжение одну из списанных подводных лодок конструкции Джевецкого, а также средства для ее реконструкции под опытный корабль. После долгих споров с противниками подводного плавания просьбу удовлетворили и в начале 1904 г. заводу Лесснера в Петербурге (ныне завод им. Карла Маркса) был выдан заказ на производство работ. После реконструкции водоизмещение лодки составило около 8 т. Для вращения гребного винта использовался автомобильный бензиновый мотор мощностью 14 л. с. Запас топлива составлял 70 л. Предусматривалось принимать добавочное топливо вместо балласта. Помпы, вентиляторы и освещение получали питание от аккумуляторной батареи. Принципиально новым было устройство, обеспечивающее работу двигателя и вентилирование лодки при плавании в позиционном положении или при сильном волнении моря, являвшееся прообразом подобных устройств, позже получивших широкое распространение в подводном кораблестроении, о чем речь впереди.

После проведения испытаний опытной подводной лодки Янович в короткий срок разработал проект боевого корабля, который комиссия в составе ученых

и кораблестроителей оценила положительно и предложила назвать «минным катером малой видимости». Из-за надвигавшихся на Дальнем Востоке событий достроить корабль не удалось, а стремление испытать его в боевых условиях вынудило Яновича повторно модернизировать опытный образец, установив на него более мощный двигатель, а также торпедный аппарат и скорострельную 37-мм пушку. Лодку, названную *Кетой*, доставили по железной дороге на Дальний Восток.

31 июля 1905 г. *Кета* участвовала в операции против японцев, пытавшихся высадить диверсионную группу. На следующий день с нее были обнаружены два японских миноносца. Лодка пошла на сближение с противником, но когда до цели оставалось менее одной мили, она неожиданно села на мель. Торпедная атака не состоялась, но даже попытка ее проведения напугала японцев. Они поспешили уйти из Амурского залива и больше в него не входили. В сентябре 1905 г. *Кета* попала в сильный шторм и показала хорошие мореходные качества. За пять месяцев кампании 1905 г. *Кета* прошла без аварий и поломок около 1000 миль. В 1908 г. лодку исключили из списков флота, но она осталась в истории подводного кораблестроения. Ее конструктор С. А. Янович с 1907 г. служил в Комитете прибрежной обороны, затем несколько лет был управляющим делами по постройке Амурской флотилии. Вышел в отставку по состоянию здоровья. В советское время С. А. Янович работал в должности старшего техника на строительстве Волховской ГЭС.

В русско-японской войне противоборствующие стороны по-разному относились к использованию подводных лодок. Японские лодки практически не участвовали в войне и рассматривались командованием флота скорее как моральный фактор устрашения противника. Деятельность русских подводных лодок вызвала разочарование, так как от подводников ожидали большей активности. Командир подводной лодки *Сом* лейтенант Трубецкой по этому поводу писал:

Главной причиной бездействия лодок было то, что лодками по существу никто не руководил, а тем командирам, которые хотели что-либо сделать, инициативы не давали [20].

Надо отметить, что даже весьма скромный боевой опыт подводных лодок в русско-японской войне внимательно изучался в зарубежных морских ведомствах.

Особенно высоко оценивалась скрытность их действий, которая не только обеспечивала относительную неуязвимость, но и частично компенсировала малые скорость и продолжительность плавания под водой.

## НА БАЗЕ ДИЗЕЛЯ

С. Карно — Р. Дизель. *Минога.  
Акула. Барсы.* И. Г. Бубнов

Когда морской министр Франции воспротивился попыткам вернуться к строительству чисто электрических подводных лодок, он не имел в виду пароэлектрическую энергетическую установку, которой был оснащен *Нарвал*. Пелетен настоял на заказе двух дизель-электрических подводных лодок, которые и были построены в 1903 г., но из-за отсутствия надежных дизелей вынуждены были в течение пяти лет плавать только под гребными электродвигателями...

Историю двигателя, совершившего переворот в подводном плавании, следует исчислять с 1824 г., когда французский инженер Саади Карно издал очень небольшое по объему сочинение, обессмертившее его имя. Свою книгу Карно начал с восхваления паровой машины, получившей к тому времени широкое распространение, но при этом указал, что ее теория совершенно не разработана. Тщательно исследовав круговой тепловой процесс (цикл), Карно сформулировал условия, работая в которых тепловой двигатель будет иметь наибольший КПД. Заметим, что КПД самых совершенных паросиловых установок той поры не превышал 2 %. Карно критически подошел к оценке применения водяного пара в качестве теплоносителя:

Водяной пар, писал он, может быть образован только в котле, в то время как атмосферный воздух можно нагревать непосредственным сгоранием, происходящим в нем. Этим была бы избегнута не только большая потеря в количестве тепла, но и в его градусах...

Карно предложил употреблять в качестве теплоносителя атмосферный воздух, который, по его мнению, имел большое преимущество перед паром, и рассматривал цикл в таком двигателе:

...сперва сжать воздух насосом, затем пропустить его через вполне замкнутую топку, вводя туда маленькими порциями топливо при помощи приспособления, легко осуществимого; затем заставить воздух

выполнить работу в цилиндре с поршнем или в другом расширяющемся сосуде и, наконец, выбросить его в атмосферу... [13].

Только спустя двадцать лет после смерти С. Карно, последовавшей в 1832 г., его сочинением заинтересовались ученые и изобретатели. Успех сопутствовал некоторым из них, но полнее всех идеи Карно воплотил в реальную конструкцию немецкий инженер Рудольф Дизель, который в 1892 г. предложил поршневой двигатель, принципиально отличный от всех предшествующих. Двигатель, названный в честь изобретателя дизелем, работал следующим образом.

В цилиндр всасывался воздух, который подвергался там сильному сжатию и соответственно нагревался до высокой температуры. Затем в цилиндр подавалось в распыленном состоянии горючее, которое в среде раскаленного воздуха воспламенялось. Газы расширялись, а затем при обратном ходе поршня выталкивались из цилиндра наружу.

Обратим внимание, ведь это как раз тот цикл, который рекомендовал С. Карно за 70 лет до того, как Р. Дизель изобрел свой двигатель! Каким научным предвидением должен был обладать ученый, чтобы описать цикл двигателя, не только еще не построенного, но и не задуманного!

Сравним осредненные удельные показатели [массу в кг/л. с. и расход топлива в г/ (л. с. • ч)] энергетических установок надводного хода, применявшихся на подводных лодках к 1908 г.:

	Масса	Расход
Паросиловая . . . . .	30	700
С бензиновыми моторами . . . . .	20	450
Дизельная . . . . .	40	250

Дизельная установка имела подавляющее преимущество по экономичности, что в конечном счете позволяло получить большой выигрыш в суммарной массе энергетической установки и бортового запаса топлива. Кроме того, дизельная установка по сравнению с паросиловой (с ее паровым котлом, многочисленными вспомогательными механизмами и теплообменными аппаратами) значительно компактнее. Дизельную установку можно было быстро запустить и остановить, а значит, и сократить время перехода подводной лодки из надводного положения в подводное и наоборот. Дизель по агрегатной мощности значительно превосходил двигатели внутреннего сгорания, работающие на легком топливе, и позво-

лял на крупных подводных лодках обходиться одним-двумя двигателями на гребной вал, сводя к минимуму дробление мощностей, при котором ухудшаются удельные массовые и экономические показатели энергетической установки. И еще одним первостепенным преимуществом перед двигателями, работавшими на легком топливе, обладала дизельная установка — взрывобезопасностью. Сообщения прессы:

26 апреля 1904 г. Сильнейший взрыв в Неаполе на итальянской подводной лодке *Фока*. 16 убитых и 9 раненых.

29 апреля 1904 г. На подводной лодке США *Фултон* взрыв газолитина. 5 раненых.

5 февраля 1905 г. На английской подводной лодке *A-5* два взрыва. 6 убитых и 12 раненых.

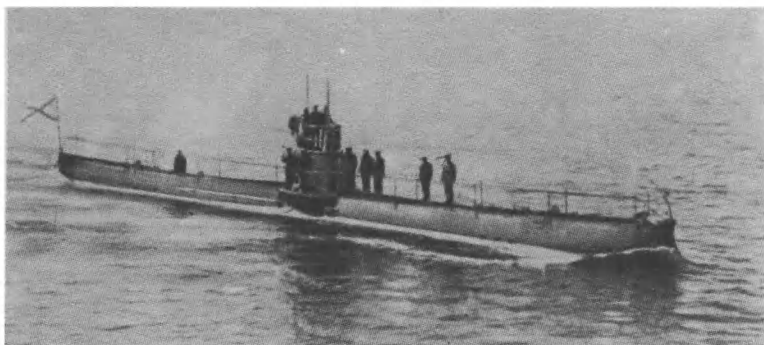
15 октября. 1905 г. На английской подводной лодке *A-4* взрыв. Подводная лодка затонула.

Это лишь небольшая часть сообщений о катастрофах на подводных лодках из-за взрыва паров легкого топлива.

Раньше других на новый двигатель обратили внимание кораблестроители России. В 1898 г. видный инженер-кораблестроитель К. П. Боклевский предложил применять дизель на кораблях. Примерно в то же время ранее упоминавшийся автор проекта бензинового двигателя для подводной лодки *Дельфин* инженер Б. Г. Луцкий разработал проект замены паросиловой установки миноносца двумя дизелями, но морское министерство, формально поддерживавшее предложение, в дальнейшем им не занималось.

Гораздо оперативнее чиновников морского министерства действовали русские судостроители. Весной 1903 г. вступил в строй танкер озерного типа *Вандал* — первое в мире дизельное судно, построенное на Сормовском заводе в Нижнем Новгороде (ныне завод «Красное Сормово» имени А. А. Жданова в г. Горьком).

Одним из первых оценил перспективность применения дизеля на подводной лодке И. Г. Бубнов. Еще во время русско-японской войны он приступил к проектированию двух дизель-электрических подводных лодок. На первой из них — *Миноге* водоизмещением 117/142 т впервые в мировой практике были применены реверсивные дизели, разработанные и построенные заводом «Л. Нобель» в Петербурге (ныне ленинградский завод «Русский дизель»), позволявшие осуществлять реверс быстро, без каких-либо дополнительных переключений. Установленные один за другим два дизеля (каждый мощностью 120 л. с.) работали на общий гребной вал,



Подводная лодка *Минога*

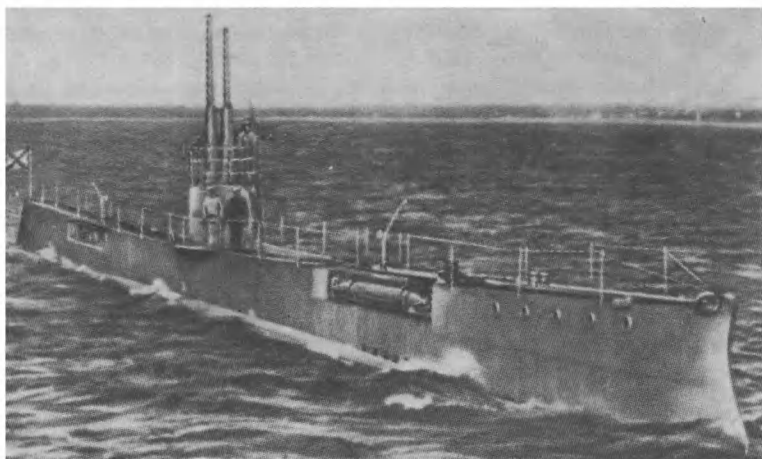
на котором размещался гребной электродвигатель мощностью 70 л. с. Из-за значительной разницы в мощности дизелей и гребного электродвигателя, работавших на общий гребной вал, лодка была оснащена ВРШ. Такое решение применялось на всех последующих русских подводных лодках, проектированием которых руководил Бубнов. Скорость *Миноги* составляла 11/4,5 уз, а дальность плавания 700 (10)/30 (3,5) миль. В 1909 г. лодка вошла в строй.

При проектировании второй дизель-электрической подводной лодки — *Акулы* водоизмещением 370/475 т ставилась задача создать подводный корабль, способный совершать дальние переходы и наносить удары по противнику вблизи его берегов. Печальный опыт русско-японской войны диктовал потребность в таких подводных лодках. На каждый из трех гребных валов *Акулы* работал дизель мощностью 300 л. с. Гребной электродвигатель такой же мощности размещался на среднем валу.

Вплоть до начала первой мировой войны *Акула*, вступившая в строй в 1911 г., являлась одной из самых мощных и мореходных подводных лодок в мире, о чем дает представление сравнение основных тактико-технических данных *Акулы* и подводной лодки с бензиновыми двигателями типа *Кайман*, которые примерно в это же время строились в Петербурге на верфи Охтинского адмиралтейства (ныне «Петрозавод») по проекту американского конструктора Лэка:

	<i>Акула</i>	<i>Кайман</i>
Водоизмещение, т . . . . .	370/475	409/482
Мощность двигателей, л. с. . . . .	900/300	800/400





Подводная лодка *Акула*

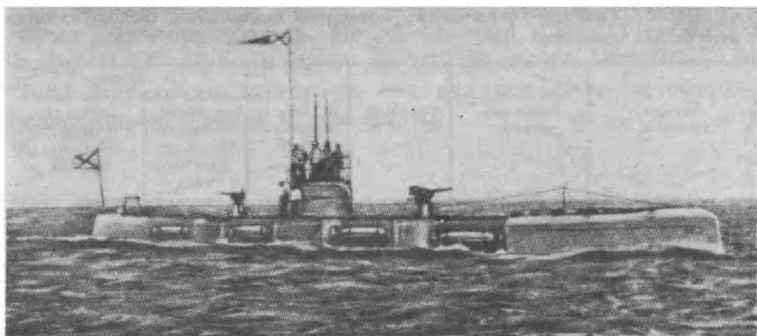
Скорость, уз . . . . .	11,5/6,5	10,5/7,5
Дальность плавания, мили . . . . .	1000 (11,5)	1050 (8)
	35 (5)	40 (5)
Глубина погружения, м . . . . .	50	50
Время погружения, мин . . . . .	3	5
Вооружение:		
торпедное (число аппаратов, шт.)	8	6
артиллерийское		
(число стволов — калибр, мм)	1—47,	1—47
	2 пулемета	1 пулемет

Превосходство *Акулы* дополнялось и ее более высокими мореходными качествами: она могла плавать в штормовую погоду при волнении моря 7—8 баллов. Отзыв командира об одной из подводных лодок типа *Кайман*:

Плавать на *Кайманах* при волне 4 балла уже трудно, при волне 5 баллов — более трудно, а при 6 — борьба за существование<sup>1</sup>.

В 1911 г. в ходе дискуссии о программе строительства русского флота морское министерство опросило офицеров-подводников. Большинство из них сочло наиболее удачной подводную лодку *Акула*. Когда Главный морской штаб принял решение о строительстве серии больших подводных лодок водоизмещением 600—650 т, Бубнов представил на конкурс проект, являвшийся даль-

<sup>1</sup> Россия и подводное плавание. — Морской сборник, 1923, № 7—8, с. 60.



Подводная лодка типа *Барс*

нейшим развитием лодки *Акула*. Первый корабль серии — подводная лодка *Барс* водоизмещением 650/780 т с энергетической установкой мощностью  $2 \times 1320/2 \times 450$  л. с. и скоростью 18/6,7 уз был заложен на Балтийском заводе в 1913 г., а в 1915 г. вступил в строй.

Создание лодок типа *Барс* сопровождалось серьезными трудностями. Предусмотренные проектом дизели для головной лодки заказали в Германии, а для остальных кораблей серии — на отечественных заводах, но ни один из двигателей получен не был. Чтобы как-то выйти из положения, было решено часть лодок оснастить дизелями мощностью 250 л. с., демонтировав их с дизельных канонерских лодок, плававших на Амуре, а разницу в массе между проектными и установленными двигателями компенсировать 80 т свинцового балласта. В результате надводная скорость лодок снизилась до 11,5 уз. Но двигателей с канонерок хватило лишь на несколько лодок, в связи с чем пришлось срочно приобретать за рубежом дизели (далеко не лучшего качества) мощностью 420 л. с., позволившие развить скорость 13 уз. Проектными дизелями удалось оснастить только две подводные лодки — *Змею* и *Кугуар*, — которые на полном надводном ходу развивали скорость 17 уз. Существенным недостатком подводных лодок типа *Барс* было отсутствие водонепроницаемых переборок, что значительно снижало их живучесть.

Одновременно русский флот пополнялся подводными лодками типа *Нарвал*, проект которой разработала фирма «Голланд», а представил на конкурс Невский завод. При водоизмещении 673/1045 т и мощности энергетической

Таблица 1. Тактико-технические элементы подводных лодок лучших конкурсных проектов

Авторы проектов	Водоизмещение, т	Скорость, уз	Дальность плавания, мили	Вооружение	
				торпедное / минное (число аппаратов, мин)	артиллерийское (число стволов — калибр, мм)
И. Г. Бубнов	974/1264	17/9	1200/23	16/10	2—75, 2 пулемета
Фирма «Голланд»	952/1289	16/9	1200/23	16/10	2—75, 2 пулемета
Фирма «Фиат»	920/1140	16/9	1200/23	16/10	2—75, 2 пулемета
Англия (ПЛ типа L)	890/1150	17/10,5	—	6	1—100, 1 пулемет

установки  $2 \times 850/2 \times 450$  л. с. скорость лодки составляла 12/10 уз. Эти лодки также не удалось обеспечить дизелями проектной мощности. Вместо них на каждую лодку установили четыре дизеля по 160 л. с. американского производства. Потеря более 30 % мощности привела к снижению скорости на 6,5 уз. Головная лодка вступила в строй в 1915 г.

Уже в ходе строительства и испытаний подводных лодок типа *Барс* И. Г. Бубнов пересмотрел некоторые свои конструкторские концепции. Представленная на конкурс в 1915 г. двухкорпусная подводная лодка Бубнова с водонепроницаемыми переборками по основным тактико-техническим элементам не уступала лучшим

конкурсным проектам, например английской подводной лодки типа *L*, считавшейся в то время одной из лучших в иностранных флотах (табл. 1).

Отечественное подводное кораблестроение многим обязано Ивану Григорьевичу Бубнову. Его работы легли в основу так называемого русского типа подводной лод-



И. Г. Бубнов

ки, отличавшейся рядом конструктивных достоинств и мощным вооружением. Как истинный патриот своей Родины И. Г. Бубнов сразу после Великого Октября признал Советскую власть и отдавал все силы и энергию повышению боевой мощи флота.

## В ПОИСКАХ ЕДИНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Под шифром V. Сода в котле. Поч-  
товый входит в историю*

Из многих проблем, возникающих при развитии подводного плавания, наиболее сложной была проблема создания энергетической установки подводного хода. Пришедший на смену «мускульному» тепловой двигатель не мог работать под водой без атмосферного воздуха. Попытки как-то приспособить тепловой двигатель для подводного хода, вроде аккумулирования пара в емкостях-накопителях, или применение топлива, в составе которого имелся кислород, выделявшийся в процессе горения, в конечном счете закончились неудачей. Раздельные для надводного и подводного хода парозлектрические и дизель-электрические установки являлись вынужденным и далеко не идеальным решением, так как внутри корпуса лодки приходилось размещать разнотипные энергетические установки, суммарная масса которых составляла 40—50 % ее водоизмещения. На ухудшение массовых показателей таких комбинированных установок существенное влияние оказывала обеспечивающая подводный ход электрическая часть с удельной массой около 80 кг/л. с.

Конструкторы подводных кораблей все чаще возвращались к идее создания единого для надводного и подводного хода двигателя, способного работать без доступа атмосферного воздуха. Как известно, идею не раз пытались реализовать их предшественники в 19 в. Во Франции в 1901 г. по проекту инженеров Бертена и Петит-хомма была построена подводная лодка водоизмещением 222 т, получившая шифр V, на которой в качестве единого двигателя был применен 4-цилиндровый дизель мощностью 172 л. с. В надводном положении предполагалось получить скорость 10 уз, под водой — около 6 уз. Два цилиндра двигателя должны были работать на греб-

ной винт, а два других — на компрессор, сжимающий отработавшие газы до  $3 \text{ кг/см}^2$ , которые охлаждались, накапливались в специальной емкости и продувались за борт периодически, что исключало постоянный след, демаскирующий подводную лодку. Запас сжатого воздуха для работы дизеля в подводном положении хранился в баллонах.

Результаты испытаний разочаровали. Чтобы обеспечить подводный ход, потребовался запас сжатого воздуха, для хранения которого на лодке пришлось разместить 520 стальных баллонов массой около 60 т, составившей почти 23 % водоизмещения корабля. Кроме того, мощность дизеля, потребляемая компрессором, оказалась намного больше проектной, и для движения лодки оставшейся ее части было недостаточно. Это вызывалось специфическим недостатком тепловых двигателей, затрата мощности которых на работу компрессора, удаляющего за борт продукты горения, возрастает пропорционально глубине погружения.

Несмотря на постигшую их неудачу, изобретатели (Бертен — директор судостроительного завода и Петит-хомм — главный корабельный инженер французского флота) настояли на постройке аналогичной подводной лодки с водоизмещением, увеличенным до 300 т. Лодка, названная *Омегой*, лишь подтвердила недостатки прототипа, в связи с чем ее пришлось переоборудовать под пароэлектрическую энергетическую установку. Она вступила в состав флота под названием *Аргонавт*.

В 1908 г. во Франции была построена подводная лодка *Шарль Брун* водоизмещением 365/450 т с оригинальной единой для надводного и подводного хода энергетической установкой. В двух водотрубных паровых котлах между трубками размещалась сода. При работе котла тепло сначала аккумулировалось в соде, затем от нее через стенки трубок передавалось воде, образовывался пар для работы паровой машины. Перед погружением лодки горение в котлах прекращалось, шахты подвода воздуха и отвода дымовых газов герметизировались. Сода за счет накопленного тепла продолжала нагревать воду в котлах, превращая ее в пар. Казалось, задача решена. Но уже в начале испытаний выяснилось, что дальность плавания лодки в подводном положении составила всего 6 миль. Началось «лечение», которое весьма сложно осуществлять на построенном в соответствии с конкретным проектом корабле. В конце концов,

пришлось установить гребной электродвигатель и аккумуляторную батарею, что практически свело на нет саму идею единого двигателя. В 1912 г. испытания были прекращены.

Наибольший успех в решении проблемы единого двигателя для подводной лодки сопутствовал С. К. Джевецкому. В 1909 г. итальянский инженер Дель-Пропосто предложил русскому морскому министерству проект подводной лодки, двигателя внутреннего сгорания которой могли работать в подводном положении, используя бортовой запас сжатого воздуха. Морской технический комитет под председательством А. Н. Крылова проект одобрил, но одновременно отклонил претензию изобретателя на приоритет. Со свойственной ему прямоотой Крылов докладывал:

...Совершенно иначе обстоит дело с предлагаемым г. Дель-Пропосто проектом контракта, который, можно сказать, по всем пунктам является неприемлемым. Дело в том, что § 1 этого проекта г. Дель-Пропосто перечисляет особенности своей системы и требует, чтобы Балтийский завод признал их новыми и чтобы Морское министерство признало право его, Дель-Пропосто, собственности, а Балтийский завод обязался бы уплатить ему вознаграждение в течение 15 лет за применение к построенным лодкам какой-либо из перечисленных им особенностей.

Это требование основано на явном недоразумении, ибо основная идея системы — использование под водой того же двигателя с внутренним сгоранием, что и для надводного хода, за счет запасаемого в резервуарах сжатого воздуха — не только не составляет новизны, но уже осуществлена и испытана на построенной по проекту г-на Джевецкого Металлическим заводом лодке *Почтовый*...<sup>1</sup>

После отклонения морским министерством «водобронного» миноносца Джевецкий продолжал изыскивать способы улучшения ходовых качеств подводных лодок и в 1903 г. разработал проект подводного корабля водоизмещением 134/146 т, вооруженного 4 торпедными аппаратами, применив на нем в качестве единого двигателя бензиновый мотор. В надводном положении на общий гребной вал работали два бензиновых мотора по 130 л. с., обеспечивая скорость около 12 уз и дальность плавания 350 миль. При движении под водой со скоростью около 6 уз в течение 5 ч использовался один мотор, для работы которого на лодке в 45 стальных баллонах хранилось 11,5 м<sup>3</sup> воздуха под давлением 200 кгс/см<sup>2</sup>. Автоматический редукционный клапан понижал давление воздуха до 18 кгс/см<sup>2</sup>, после чего он поступал к пневматическому

<sup>1</sup> ГИАЛО, ф. 1304, ед. хр. 3133, св. 516

двигателю компрессора, непрерывно удалявшего за борт выхлопные газы. Для повышения КПД пневмодвигателя воздух подогревался выхлопными газами. Отработавший в двигателе компрессора воздух под небольшим давлением поступал к карбюратору бензинового двигателя и в помещение лодки для обеспечения жизнедеятельности экипажа.

Проект был настолько детально разработан, что Морской технический комитет не только утвердил его, но и рекомендовал построить не одну, а две подводные лодки. На первую из них в 1905 г. был выдан заказ Металлическому заводу в Петербурге (ныне Ленинградский металлический завод). В 1906 г. лодка была заложена и получила название *Почтовый*. Строительство шло быстро. Уже в ноябре 1906 г. начались швартовные испытания, а в 1909 г. (по иронии судьбы в это время и рассматривался в Морском техническом комитете проект Дель-Пропосто) на *Почтовом* был поднят флаг и он вступил в состав Балтийского флота.

Будучи принципиально новым инженерным сооружением, лодка не избегала недостатков, наиболее серьезным из которых являлась малая глубина погружения — около 10 м — из-за вышеуказанного возрастания (при увеличении глубины погружения) мощности компрессора, удаляющего за борт продукты горения. Существенными недостатками являлись чрезмерный шум при работе бензинового мотора под водой и след пузырьков выхлопных газов, демаскирующий лодку. В результате намечавшаяся закладка второй лодки была отменена, а *Почтовый* из состава флота выведен и передан в Учебный отряд подводного плавания.

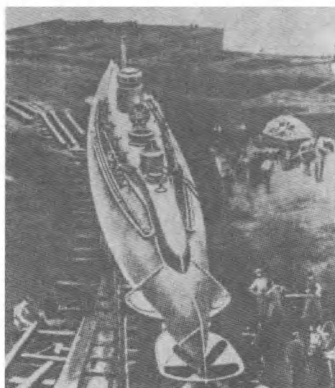
Однако в истории подводного кораблестроения *Почтовый* занял прочное место. Много способов использования тепловых двигателей для движения под водой предлагалось в начале 20 в., но все они, как правило, оставались патентной заявкой или в лучшем случае пояснительной запиской с приложением чертежей. На этом фоне корабль С. К. Джевецкого был исключением. Даже осторожный в своих оценках А. Н. Крылов отметил *Почтовый* как удачный опыт, который «необходимо развивать»<sup>1</sup>.

Джевецкий отчетливо представлял недостатки лодки

---

<sup>1</sup> ЦГА ВМФ, ф. МГШ, ед. хр. 1445, л. 16.

и со свойственной ему настойчивостью работал над их устранением. В 1909 г., почти одновременно с вступлением *Почтового* в состав флота, он закончил проект нового подводного корабля, в котором были учтены дефекты первенца. Вместо бензиновых моторов предусматривались дизели, а для того чтобы на больших глубинах не удалять отработавшие газы, небольшой гребной электродвигатель с аккумуляторной батареей. Проект не был реализован.



Технический кругозор Джевецкого был феноменально широк и подводное кораблестроение являлось отнюдь не единственным направлением, которым он интересовался. Теория авиации, минное дело, приборостроение, электротехника, винтовые движители и многие другие области техники и науки привлекали изобретателя и не только в познавательных целях, а применительно к практическому использованию. До последних лет жизни Степан Карлович обладал ясным умом и завидной работоспособностью. Так, в возрасте 84 лет он занялся разработкой кинетической теории газов, его сообщения не раз докладывались в Парижской Академии наук, а также публиковались в ее «Известиях». С. К. Джевецкий скончался в возрасте 95 лет. За несколько дней до смерти в Парижской Академии наук было доложено его последнее научное сообщение.

## НАКАНУНЕ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Несостоявшаяся идея. «Учеба» на русских заказах. Подводный заградитель

В годы, предшествовавшие первой мировой войне, лидирующую роль в подводном кораблестроении продолжала удерживать Франция, подводный флот которой считался сильнейшим не только по количеству подводных



лодок, но и по их качеству. Однако в стремлении закрепить первенство в новом виде морского оружия и французское кораблестроение не избежало ошибок, одной из которых являлась попытка создать так называемую «эскадренную лодку». По замыслу, такие лодки предназначались для сопровождения эскадр надводных кораблей и участия в крупных морских сражениях. Но для этого они должны были иметь надводную скорость по крайней мере не меньшую, чем у броненосцев, — около 22 уз, а подводную, равную маневренной скорости эскадры, — не менее 15 уз. И такая задача ставилась в то время, когда скорость лодок не превышала 13/8 уз! Но команда поступила...

В 1906 г. французское морское министерство объявило конкурс, и по его итогам были построены опытные подводные лодки, лучшая из которых — *Архимед* водоизмещением 580/800 т с пароэлектрической установкой смогла развить скорость 15/11 уз. В 1910 г. были заложены первые серийные эскадренные подводные лодки водоизмещением 800/1120 — 930/1290 т с контрактной скоростью надводного хода 20 уз. Но чтобы получить такую скорость, потребовались дизели мощностью около 4000 л. с., или около 2000 л. с. в двухвальном варианте. Подобными двигателями Франция не располагала, и часть лодок было решено оснастить пароэлектрическими установками. При этом соответственно возросла суммарная масса установки и бортового запаса топлива, а в конечном счете — водоизмещение корабля. В результате самая быстроходная из лодок — *Дююи де Лом* водоизмещением 840/1290 т смогла развить скорость 18/11 уз. В дизельном варианте с мощностью двигателей 2900/1640 л. с. лодки показывали не более 17/11 уз. Таким образом, идея эскадренной лодки не была осуществлена, хотя на ее реализацию были отвлечены не только значительные материальные ресурсы, но и крупные конструкторские силы. В послевоенной французской литературе лодки этого типа фигурировали под названием подводных крейсеров.

Известно стремление Англии, имевшей в то время самый мощный в мире флот, препятствовать развитию подводного плавания. Даже в 1900 г. первый лорд английского адмиралтейства (морской министр) Гошен заявил:

Идея подводного плавания — идея бессмысленная. В морской войне не приходится считаться с подводными лодками [15].

Однако преемник Гошена адмирал Фишер, получивший

негласный титул «обновителя британского флота», был иного мнения и писал:

Мне смешно читать донесения Того о восьми атаках на Порт-Артур. Будь у него подлодки, это была бы одна атака... И всего русского флота не существовало бы.

Фишер не ограничивался высказываниями. Вступив в должность, он занялся ликвидацией отставания Англии в подводном кораблестроении. Не располагая собственным типом подводной лодки, англичане, как указывалось, обратились к услугам Голланда. Совершенствуя его подводные лодки и разрабатывая проекты новых кораблей, они включились в интенсивную гонку подводных вооружений, вводя в строй ежегодно по 8—10 единиц. К началу первой мировой войны Англия уже имела 76 действующих и 23 строившихся подводных лодки. Энергичные действия Фишера (даже накануне войны) не разделяло большинство признанных в английском флоте авторитетов, считавших, что команды подводных кораблей смогут выдержать самое большое трехдневный поход и что немецкие лодки не смогут добраться даже до Ирландского моря. Если бы оппоненты Фишера хотя бы на мгновение смогли представить, как жестоко они заблуждались.

Иначе развивалось подводное кораблестроение в Германии, которая, если верить публикациям начала 20 в., недооценивала боевые возможности подводных лодок, настойчиво доказывая бесперспективность этого вида сил флота, а в то же время... Как выяснилось позже, немецкая разведка энергично разыскивала и похищала за рубежом проектную и технологическую документацию по подводному кораблестроению. В 1903 г. немцы заложили первую боевую подводную лодку *U-1* водоизмещением 185/235 т, вооруженную двумя торпедными аппаратами, которая во многом копировала французские лодки. В качестве двигателей надводного хода *U-1* была оснащена двумя керосиновыми моторами мощностью по 200 л. с., а для подводного хода — двумя гребными электродвигателями по 100 л. с.

Одновременно немецкие кораблестроители приобретали опыт на иностранных заказах, в том числе и русских. По образному выражению заведующего подводным плаванием контр-адмирала Э. Н. Щенсновича, Россия давала иностранцам «возможность учиться на наши же средства»<sup>1</sup>. Примером тому было создание *U-1*. На германских верфях одновременно с ней строились

<sup>1</sup> ЦГА ВМФ, ф. 417, оп. 1, д. 28006, л. 59.

для русского флота подводные лодки *Карп*, *Карась* и *Камбала*, которые вместо предусмотренного контрактом 1905 г. были сданы только в 1907 г. Истинной причиной задержки являлась *U-1*, однотипная с русскими лодками, но несколько большего водоизмещения. Исходя из опыта постройки и пробных погружений лодок, строящихся для России, немцы вносили в конструкцию *U-1* необходимые изменения и улучшения. В 1906 г. *U-1* закончила испытания, показав скорость 10,9/7,5 уз. Сразу же после ее испытаний немцы развернули серийное строительство подводных лодок типа *U-1* водоизмещением 235/300 т, со скоростью 12/8,3 уз.

Использование похищенной зарубежной технической документации хотя и позволило сэкономить время, сослужило плохую службу немецкому подводному кораблестроению. Присвоив себе результаты чужой мысли, конструкторы лодок торопливо копировали технические решения, не вникая в их суть и не проводя сопутствующих исследований. В результате несмотря на лихорадочную деятельность и огромные материальные затраты, первые немецкие подводные лодки не отличались высоким качеством, особенно в части боевой мощи и мореходности. Только спустя несколько лет, после приобретения конструкторского опыта и освоения промышленностью производства корабельных дизелей, Германия смогла приступить к созданию подводных лодок большого водоизмещения. С 1908 г. она более последовательно, чем другие страны, наращивала темпы их строительства.

Союзники избежали многих потерь в связи с тем, что немцы относительно поздно развернули деятельность в подводном кораблестроении и к началу войны располагали лишь 28 подводными лодками, из которых только 10 были оснащены дизелями, а остальные керосиновыми двигателями. Шесть лодок, строившихся на немецких верфях для других стран и реквизированных с началом войны, общей картины не меняли.

С 1900 г., когда *Голланд* удачно атаковал на маневрах надводные корабли, в США всерьез занялись созданием подводного флота, но отводили ему сугубо оборонительную роль, в связи с чем сосредоточили усилия на постройке многочисленных лодок береговой обороны. Главное внимание уделялось усилению торпедного оружия и увеличению скорости, что отразилось на водоизмещении, которое у каждой последующей серии подводных лодок было примерно в полтора раза больше, чем у

предыдущей. С появлением мощных дизелей существенно улучшились ходовые качества лодок. Так, первые дизель-электрические подводные лодки США водоизмещением 355/434 т, построенные в 1910 г., имели скорость 14/11 уз. Двигатели этих лодок оказались недостаточно надежными, и позже, уже в ходе войны, скорость надводного хода лодок этого типа пришлось ограничить.

Подводные лодки США предвоенной поры отличались большой скоростью подводного хода. Обеспечивалось это не только увеличением энерговооруженности<sup>1</sup>, но и существенным снижением сопротивления лодок в подводном положении. Так, на лодках типа *L* зенитное 76-мм орудие перед погружением убиралось в специальный герметичный отсек, утопленный в корпус, а на спроектированных к концу войны лодках типа *S* водоизмещением 896/1092 т с этой целью ограждение рубки было сделано обтекаемым, выступающие части корпуса сведены до минимума, сняты неубирающиеся орудия и даже леерные ограждения. При мощности энергетической установки подводного хода 600 л. с. подводная лодка типа *S* могла развивать под водой скорость 12,5 уз и ее энерговооруженность при этом составляла всего 0,55 л. с./т, тогда как лучшая английская подводная лодка той поры типа *L* водоизмещением 890/1150 т при мощности двигателей подводного хода 1600 л. с. могла развить под водой 10,5 уз, что соответствовало энерговооруженности 1,4 л. с./т. Однако с учетом опыта войны было решено, что выигрыш в 2—3 уз не компенсирует указанных конструктивных особенностей, и от них отказались еще в процессе постройки серии лодок типа *S*.

Знаменательным событием в истории подводного кораблестроения стало создание в России техником путей сообщения М. П. Налетовым первого в мире минного подводного заградителя *Краб*. При водоизмещении 560/740 т, скорости 11/7,5 уз и дальности плавания 1900/82 миль лодка имела на вооружении 60 мин, два торпедных аппарата, 75-мм орудие и два пулемета. *Краб* вступил в состав Черноморского флота в 1915 г. и принял участие в первой мировой войне. На выставленных им минах получил повреждения немецкий крейсер *Бреслау* и погибла турецкая канонерская лодка *Иса Рейс*. *Краб* вместе с другими 12 подводными лодками был затоплен при отступлении англо-французских интервентов из Крыма

<sup>1</sup> Энерговооруженность — концентрация мощности энергетической установки корабля на тонну его водоизмещения (л. с./т).

Таблица 2. Основные тактико-технические данные подводных лодок, спроектированных накануне первой мировой войны

Название, страна	Водоизмещение, т	Скорость, уз	Дальность плавания, мили	Вооружение	
				торпедное (число торпедных аппаратов)	артиллерийское (число стволов-калибр, мм)
<i>Барс</i> , Россия	650/780	17,1/8,5	2500(12) 25	12	1—75, 1—37 1 пулемет
<i>Нарвал</i> , Россия	673/1045	12/10	4000(8) 120(5)	8	1—75, 2 пулемета
<i>U-31</i> , Германия	680/870	16,7/9,9	4400(8) 80(5)	4	1—105
<i>Лагранж</i> , Франция	830/1317	16,5/11	4200(10) 115(5)	8	2 пулемета
<i>Е. Англия</i>	730/825	15/10	3225(10)	5	2—75
<i>Гальвани</i> , Италия	850/1250	18/10	4000(10) 100(6)	6	2—76
<i>L</i> , США	490/720	14/10,5	4500(8) 100(6)	4	1—76
<i>No 15</i> . Япония	450/670	17/10	2500(10) 80(5)	4	1—76

в 1919 г. В 1935 г. лодку подняли, но не восстановили.

Представление о тактико-технических данных подводных лодок, созданных в предвоенные годы, дает таблица 2 [22]. Остальные страны к началу войны не выработали своих типов подводных лодок и покупали их за рубежом либо строили, взяв за прототип иностранный образец. Подводные лодки все еще рассматривали как оборонительное оружие, предпочтение отдавалось надводным кораблям. При сравнении их тактико-технических элементов делались неблагоприятные выводы для первых. Вооружение слабое. Скорость и дальность плавания, особенно в подводном положении, несопоставимые. Дальность действия средств наблюдения в два-три раза меньше... В настоящее время видно, что подобное сравнение неправомерно. Правда, и в ту пору раздавались голоса о наступательных возможностях подводных лодок. Одними из первых предлагали пересмотреть их роль и возможности передовые офицеры русского флота, доказывая способность лодок «вести успешные наступательные действия против соседних государств без помощи броненосцев». Но их голоса тонули в хоре скептиков.

## РЕАЛЬНАЯ СИЛА

## УДАРЫ ИЗ-ПОД ВОДЫ

Атаки из глубины. Последние парозлектрические. Подводные истребители

Началась первая мировая война. Флоты действовали почти на всех морях и океанах. Особенно упорная борьба развернулась на коммуникациях, которые связывали Англию с колониями и союзниками по борьбе с Германией. Так как экономика Англии целиком зависела от импорта, то морские перевозки для нее имели стратегическое значение. Еще накануне войны морским путем в Англию доставлялось около 75 % стратегического сырья и продовольствия, а с началом боевых действий ее морской грузооборот резко возрос, поскольку к торговым перевозкам добавилась транспортировка колониальных войск и военных грузов, необходимых для снабжения фронтов в Европе, на Среднем и Дальнем Востоке.

Все это не являлось секретом для германского генерального штаба, который, исходя из предвоенных взглядов на использование флота, основную роль отводил надводным рейдерам. Перед подводными лодками ставились ограниченные задачи — защита своего побережья и (по возможности) действия у баз противника. Однако в течение 1914 г. рейдеры потопили лишь 150 судов общим водоизмещением около 300 тыс. т из 19 млн. т тоннажа, которым располагала Англия. Потери же в надводных кораблях оказались для Германии невосполнимыми. В то же время...

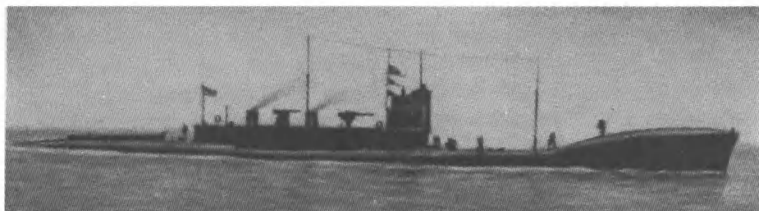
В самом начале первой мировой войны 5 сентября 1914 г. германской подводной лодкой был потоплен английский легкий крейсер *Патфайндер*. Прошло две недели. Одна из первых немецких подводных лодок U-9

20 сентября 1914 г. вышла в Северное море с секретным предписанием препятствовать движению транспортов из Англии в Бельгию. Утром 22 сентября перед восходом солнца лодка всплыла для зарядки батарей. Свободный от вахты личный состав отдыхал, когда на горизонте были обнаружены дымы. Прозвучал сигнал боевой тревоги. Лодка погрузилась на перископную глубину и легла на курс сближения с противником... За 1 ч. 15 мин *U-9* пустила на дно английские крейсеры *Кресси*, *Абукир* и *Хог*. В течение какого-нибудь часа подводная лодка водоизмещением около 600 т с командой 28 человек уничтожила три корабля суммарным водоизмещением 36 тыс. т с 1459 моряками на борту — почти столько же, сколько погибло английских моряков в самом знаменитом за всю историю британского флота Трафальгарском сражении.

Через несколько дней после гибели английских крейсеров немецкой подводной лодкой был потоплен русский крейсер *Паллада*.

Гибель крейсеров произвела потрясающий эффект на штабы воюющих стран. Срочно пересматривались взгляды на боевые возможности подводных лодок. Война не оставляла времени на разработку новых проектов. Все в основном свелось к увеличению выпуска лодок предвоенных проектов. Успешнее других действовала Германия, где в течение 1915—1918 гг. было построено 344 подводные лодки и еще 266 к окончанию войны находились на разных стадиях строительства [2]. Противники Германии не сумели достигнуть столь впечатляющих успехов и общими усилиями «пропустили через свои флоты» 356 лодок.

В результате действий немецких подводных лодок Англия утратила господство на море и была поставлена на грань военного поражения. В создавшейся обстановке англичане в 1915 г. обратились к идее быстроходной эскадренной лодки. Считалось, что такие лодки, находясь вместе с надводными кораблями в составе эскадры, смогут обеспечить противолодочную оборону, наносить первые удары по противнику и решать задачи разведки. Лодки предполагалось вооружить восьмью торпедными аппаратами, двумя 100-мм и одним 75-мм орудиями, позволяющими вести артиллерийскую дуэль с надводными кораблями противника, а также глубинными бомбами для борьбы с подводными лодками. Так в составе английского флота появились огромные по тому



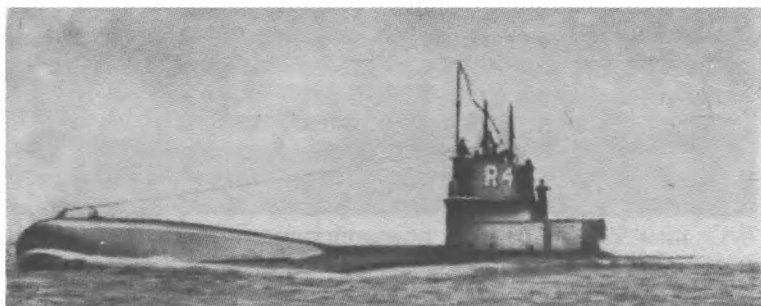
Подводная лодка типа *K*

времени подводные лодки типа *K* водоизмещением 1880/2650 т.

Но так же как в свое время и Франция, Англия не располагала достаточно мощными дизелями. Адмиралтейство приняло решение оснастить лодки типа *K* двухвальными паротурбинными установками суммарной мощностью 10 тыс. л. с. Каждый из двух паровых котлов имел убирающуюся внутрь корабля дымовую трубу диаметром 1,2 м. Подъем труб, задривание их клинкетов и вентиляционных шахт осуществлялись дистанционно с помощью гидравлических механизмов. Скорость надводного хода была получена действительно очень большая — около 26 уз, но в целом корабли оказались неудачными. Они плохо управлялись в подводном положении, медленно погружались и, самое главное, были ненадежными, при погружении из-за необеспеченной водонепроницаемости корпуса в устройствах приема воздуха и отвода дымовых газов от паровых котлов. Несмотря на принятые конструктивные меры безопасности (например, дымовые трубы задривались двумя клинкетами — внизу и вверху), на 15 лодках из 17 построенных произошли серьезные аварии, в результате которых погибли шесть лодок и свыше 300 подводников. На последних лодках этой серии паротурбинные установки были заменены дизельными суммарной мощностью 2400 л. с. И это несмотря на значительное снижение скорости надводного хода, которая для эскадренной лодки рассматривалась как первостепенный показатель. Лодки типа *K* стали последними подводными кораблями с пароэлектрическими энергетическими установками.

В отличие от других стран Германия сумела в ходе войны создать мощные и достаточно надежные корабельные дизели. Последняя немецкая крупная двухвальная подводная лодка постройки военных лет *U-139* водоиз-





Подводная лодка типа *R*

мещением 2185/2760 т была оснащена двумя дизелями по 3000 л. с. и могла развить надводную скорость 18 уз. По основным тактико-техническим элементам лодка выгодно отличалась от английских лодок типа *K*, но проверить ее достоинства в деле из-за окончания войны не удалось. После войны *U-139* в качестве трофея досталась Японии.

В упорном — не на жизнь, а на смерть — единоборстве с немецкими корсарами глубин английские подводные лодки потопили 19 лодок противника. Столь эффективные противолодочные действия побудили английское адмиралтейство в 1917 г. создать подводные истребители — лодки типа *R* водоизмещением 420/500 т, вооруженные шестью торпедными аппаратами, способные быстро подойти под водой к лодке противника и атаковать ее. В этих кораблях практически все было подчинено получению большой скорости подводного хода: за счет уменьшения запаса плавучести снижено водоизмещение; увеличена площадь рулей, что улучшило маневренные качества лодки; установлен небольшой двигатель надводного хода мощностью всего 240 л. с., обеспечивающий скорость 8 уз. тогда как гребной электродвигатель мощностью 1200 л. с. позволял развивать под водой 15-узловую скорость в течение 2,5 ч, после чего требовалось около суток для зарядки аккумуляторной батареи. Подводные лодки типа *R* начали входить в строй лишь к концу войны, и их боевые возможности проверить не удалось.

Наибольших успехов в войне добился подводный флот Германии, уничтоживший в ее ходе более 2830 торговых судов [2]. Эффективно действовали германские подводные лодки и против надводных кораблей, потопив

около 200 единиц. Германия потеряла 178 подводных лодок из 372 участвовавших в войне<sup>1</sup>.

Число воевавших подводных лодок достигло примерно 850. Борьбой с ними было занято около 9000 надводных кораблей, 100 подводных лодок, 2500 самолетов, 500 мобилизованных коммерческих судов, большое количество дирижаблей и аэростатов. В США подсчитали, что стоимость боевых средств, привлеченных для борьбы с подводными лодками, в 19 раз превышала затраты на их постройку. В ходе войны подводные лодки оформились в новый самостоятельный род сил флота, назначением которого стали наступательные действия с главной целью: уничтожать коммерческие суда и корабли противника. В условиях общего застоя военных действий на суше и на море, не приведших к каким-либо ощутимым результатам, операции подводных лодок смогли создать ряд кризисных ситуаций, имевших большое значение<sup>2</sup>.

## НА ЧТО ЗАТРАЧИВАЕТСЯ МОЩНОСТЬ?

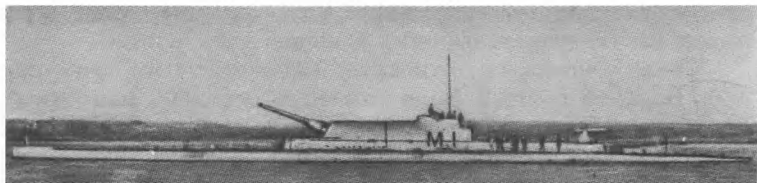
Увлечение артиллерией. Крейсер  
Журавлева. Вода сопротивляется

Подводные лодки доказали, что способны играть более важную роль, чем та, которая им отводилась накануне войны. В ходе боевых действий у них выявились и недостатки. Попытки организовать действия лодок тактическими группами, а также их тактическое взаимодействие с надводными кораблями и самолетами из-за несовершенства средств наблюдения и связи успехом не увенчались. Эти и некоторые другие недостатки отразились на отношении к подводным лодкам. Забыв уроки войны, их снова начали считать «оружием слабых», родом сил, случайно выдвинувшихся во время войны. Упускалось из виду, что молодой вид сил флота впервые прошел по-настоящему боевую проверку, выявившую

---

<sup>1</sup> Сталбо К. Развитие взглядов на подводные силы. — Морской сборник, 1979, № 9, с. 82.

<sup>2</sup> Горшков С. Г. Морская мощь государства. М., Воениздат, 1979, с. 165—166.



Подводная лодка типа *М*

его недостатки, над устранением которых надо было работать.

При анализе действий подводных лодок морские ведомства расходились в выводах и, соответственно, во взглядах на подводные корабли будущего. Так, англичане видели в них, главным образом, оружие противолодочной обороны и морской блокады. В США главной задачей подводных лодок считали уничтожение надводных кораблей противника, особенно таких, как линкоры, авианосцы и крейсера. Япония склонялась к созданию подводных лодок, способных действовать в составе эскадр, господствующих на море. Соответственно формировались кораблестроительные программы. Появлялись лодки, претендовавшие на открытие совершенно нового направления в подводном кораблестроении.

В Англии на подводных лодках типа *М* водоизмещением 1456/1950 т со скоростью 15,5/9,5 уз наряду с четырьмя торпедными аппаратами было установлено 305-мм орудие. Правда, позднее орудие сняли и лодки модифицировали в разных вариантах. Так, головной корабль серии — *М-1* оборудовали ангаром для самолета и таким образом превратили в подводный авианосец.

Увлечение артиллерийскими подводными кораблями в послевоенные годы коснулось ряда стран, связывавших определенные надежды с так называемыми подводными крейсерами. В зарубежных источниках указывается, что первой попыткой создать подобный корабль является упоминавшаяся германская подводная лодка *U-139*. Однако еще в 1910—1911 гг. идея подводного крейсера впервые была воплощена в конкретный проект флагманским корабельным инженером дивизиона подводных лодок Черноморского флота Б. М. Журавлевым. По тактико-техническим элементам подводный крейсер Журавлева водоизмещением 4500/5435 т превосходил крейсера, созданные после первой мировой войны. Его скорость составляла 26/14 уз, дальность плавания

15 000/250 миль, глубина погружения — 125 м. Лодка была вооружена 30 торпедными аппаратами с 60 торпедами, 120 минами заграждения и пятью 120-мм орудиями в башнях, которые для уменьшения сопротивления на подводном ходу опускались внутрь корпуса. Морское министерство, лишившееся после Цусимы доверия Государственной думы, сократившей кредиты на строительство флота, отклонило проект. Сметная стоимость корабля составляла 8,5 млн. руб. На такие средства можно было построить пять подводных лодок типа *Барс*, что с точки зрения обороны страны выглядело предпочтительнее. И вот, по прошествии более десяти лет, к идее подводного крейсера обратились во флотах ряда стран.

В 1923 г. англичане построили подводный крейсер *X-1* водоизмещением 2824/3658 т, скоростью 19,5/9 уз, вооруженный шестью торпедными аппаратами и четырьмя 132-мм орудиями, попарно расположенными в башнях. При испытаниях выявились существенные конструктивные недостатки, и в 1930 г. лодку вывели в резерв.

В Японии на конструктивной базе трофейной немецкой подводной лодки *U-139* в 1926—1929 гг. было построено 5 подводных крейсеров типа *I* водоизмещением 2135/2791 т, скоростью 18/8 уз, вооруженных шестью торпедными аппаратами и двумя 140-мм орудиями.

Наиболее характерным из подводных крейсеров той поры являлся заложенный в 1922 г. во Франции *Сюркуф* водоизмещением 2880/4300 т, скоростью 18/10 уз, дальностью плавания 10 000/105(5) миль, вооруженный 10 торпедными аппаратами и двумя 203-мм орудиями в башне, которые могли быть заряжены и наведены на цель при нахождении лодки на перископной глубине.

Подводный крейсер *Сюркуф*



В кормовой части ограждения рубки размещался герметичный ангар с разведывательным самолетом. Орудийная башня, рубка и палуба *Сюркуфа* были защищены броней. Но, подобно подводным крейсерам других стран, *Сюркуф* не избежал ряда серьезных недостатков, и Франция больше не строила корабли такого типа.

В послевоенный период успехи науки и техники создали предпосылки для совершенствования подводных лодок. Применение прочных сталей и электросварки позволило значительно облегчить корабли. Англичане, начавшие в 30-х годах широко использовать сварку в подводном кораблестроении, держали в секрете не только технологию, но и сам факт ее применения. Достижения в дизелестроении привели к возрастанию агрегатной мощности двигателей и снижению их удельной массы. Совершенствовались боевые и технические средства.

Подводные лодки становились все сложнее. Безвозвратно уходили в прошлое времена, когда их создавали изобретатели-одиночки. В странах с развитым кораблестроением организуются конструкторские бюро по проектированию подводных лодок, в штат которых входят специалисты разного профиля. В столь сложном инженерном сооружении, каковым является подводная лодка, какое-либо качество нельзя рассматривать без взаимосвязи с другими, так как ее боевая эффективность определяется целым рядом тактико-технических элементов, таких как вооружение, ходкость, глубина погружения, маневренность, автономность, обитаемость и т. д. Все они в той или иной степени зависят друг от друга и, следовательно, не могут рассматриваться изолированно. Вот почему при создании подводной лодки, как и любого корабля, не обойтись без компромиссных решений, когда улучшение одного качества может быть достигнуто лишь за счет некоторого ухудшения других. Найти оптимальное соотношение качеств значит решить главную задачу. При проектировании подводных лодок все в большей мере приходится учитывать их перспективность. Так как подводная лодка создается относительно долго, а ее боевое применение может потребоваться через неопределенное время и она может устареть, в ее проект с самого начала должны закладываться решения, на несколько лет опережающие уровень развития техники, достигнутый к началу проектирования.

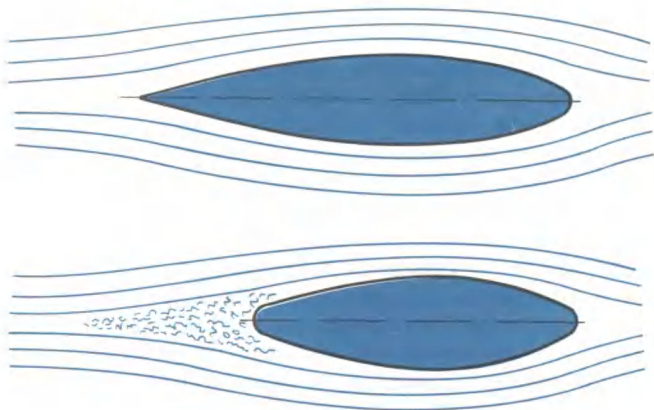
Успехи науки и техники в сочетании с более совершенной организацией проектирования принесли соответ-

ствующие результаты. Но улучшения, в основном, коснулись надводных тактико-технических элементов лодок, а подводные элементы, если и улучшились, то незначительно, особенно скорость и дальность плавания под водой. Проектировщики все отчетливее понимали, что увеличение энерговооруженности подводных лодок является хотя и необходимым, но не единственным условием на пути улучшения их ходовых качеств. Значительный резерв возможностей давало снижение сопротивления корпуса, на преодоление которого расходуется мощность энергетической установки. Чтобы понять, насколько это не просто, в самых общих чертах познакомимся с некоторыми вопросами *ходкости подводной лодки*, под которой понимается ее способность перемещаться в воде с заданной постоянной скоростью при определенной затрате мощности двигателя.

При движении подводной лодки на нее действуют две равные и противоположно направленные горизонтальные силы. Одна из них в направлении движения — тяга двигателя, другая — сопротивление воды, которое возникает вследствие того, что корпус лодки испытывает *сопротивление*, состоящее из сопротивлений *трения, формы, выступающих частей, волнового и воздушного*. Полное сопротивление подводной лодки представляет собой сумму указанных составляющих.

Сопротивление трения связано с вязкостью воды. Частицы воды, соприкасаясь с поверхностью корпуса, прилипают к нему и движутся вместе с ним. Силы сцепления частиц воды друг с другом меньше, чем с твердым телом, поэтому второй слой воды, расположенный рядом с первым, несколько отстает от него по скорости, как бы цепляясь за него, но постепенно сползая. Каждый последующий слой будет двигаться по отношению к корпусу с несколько меньшей скоростью, чем предшествующий. Интенсивное проявление сил вязкости ограничивается небольшой частью потока, именуемого *пограничным слоем*. За пределами пограничного слоя силы вязкости утрачивают свою роль.

Возможно, читатель слышал о рыба-лоцмане, сопровождающей акул и питающейся остатками их добычи. Маленькая рыбка (длиной не более 20 см) передвигается вблизи акулы, едва не касаясь ее туловища плавниками. Существует зависимость, согласно которой максимальная скорость рыб и морских животных зависит от их размеров. Согласно этой зависимости, акула может развивать скорость около 15 уз, в то время как рыба-лоцман — не более 5 уз. Загадка объясняется тем, что рыбки держатся в непосредственной близости от тела хищниц, внутри создаваемого ими слоя трения, как бы на буксире. Если



Обтекание корпусов подводных лодок

же рыбка «не угадает», на каком участке туловища акулы эффект пограничного слоя будет максимальным, то эту разницу она легко покрывает за счет собственных мышц.

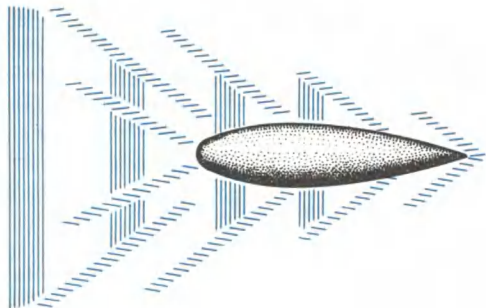
Английский исследователь О. Рейнольдс установил, что движение жидкости, обтекающей тело, может быть спокойным и плавным — *ламинарным*, а может быть беспорядочным, с завихрениями — *турбулентным*. Кроме того, ученый вывел безразмерное соотношение, названное в его честь *числом Рейнольдса*, характеризующее отношение сил инерции к силам вязкости. Турбулентность появляется тогда, когда силы инерции, определяемые скоростью жидкости, ее плотностью и характерным размером тела, превышают силу вязкости жидкости. Число Рейнольдса позволяет определять коэффициент сопротивления трения, который необходим при расчете сопротивления трения. При турбулентном режиме коэффициент сопротивления трения гораздо больше, чем при ламинарном. Поэтому, несмотря на то что вода не трется о поверхность корпуса корабля, его стремятся выполнить по возможности более гладким и периодически очищают в доке. Цель одна — снизить турбулентность пограничного слоя. Ведь любые неровности на корпусе, даже песчинки и грязь, являются источниками образования вихрей, а следовательно, турбулизаторами. Сопротивление трения зависит от площади смоченной поверхности корпуса и пропорционально ей. Вот почему у движущейся в подводном положении лодки оно намного больше, чем в надводном.

Сопротивление формы, как и сопротивление трения, обусловлено вязкостью воды и зависит от конфигурации движущегося в ней тела. Рассмотрим две подводные лодки, у одной из которых корпус удлиненный с плавными обводами, а у другой с полными обводами и притупленными оконечностями. При движении первой лодки пограничный слой простирается вдоль бортов с плавным переходом в попутный поток, а у второй частицы воды, находящиеся в слоях, ближайших к поверхности корпуса, движутся по отношению к нему с очень малой скоростью и, следовательно, приобретают небольшую кинетическую энергию. Двигаясь от носа к корме, где давление больше, чем в средней части, частицы из-за вязкости воды теряют часть своей кинетической энергии. Израсходовав всю энергию на преодоление повышенного давления в кормовой оконечности лодки, они останавливаются, а затем под воздействием повышенного встречного давления начинают двигаться назад, навстречу потоку, как бы отрывая пограничный слой от поверхности корпуса. За точкой отрыва зарождаются и образуются вихри — добавочное сопротивление.

Волновое сопротивление возникает как результат перераспределения давления при обтекании корпуса водой и образования при его движении корабельных волн, которые, двигаясь со скоростью корабля, как бы сопровождают его. Когда корабль стоит без движения, давление действует перпендикулярно (нормально) к поверхности корпуса в каждой данной точке. Горизонтальные составляющие давлений взаимно уравниваются, а вертикальные в сумме создают архимедову силу поддержания, равную массе корабля. Но как только корабль приходит в движение, частицы воды, выведенные из равновесия, начинают совершать колебания под воздействием силы тяжести воды, образуя систему волн. Таким образом, в отличие от сопротивлений трения и формы, обусловленных вязкостью воды, волновое сопротивление вызвано тем, что вода, обладая массой, оказывает давление на каждую точку погруженной поверхности корпуса.

При движении малым ходом хорошо заметны расходящиеся волны, зарождающиеся в носовой и кормовой оконечностях корабля. С увеличением скорости корабль сопровождают поперечные волны, располагающиеся между расходящимися перпендикулярно к направлению курса, которые также зарождаются в носовой и кормовой оконечностях. При значительном развитии поперечных волн расходящиеся теряют рельефность. В результате возникновения волн распределение давления воды на корпус резко изменяется по сравнению с тем, каким оно было при неподвижном корабле. Горизонтальные составляющие давлений уже не уравнивают друг друга, а их результирующая —

волновое сопротивление — оказывается направленной навстречу движению корабля. Из рассмотренного механизма волнового сопротивления видно, что непременным его условием является расположение кор-



Система волн, создаваемая движущимся кораблем



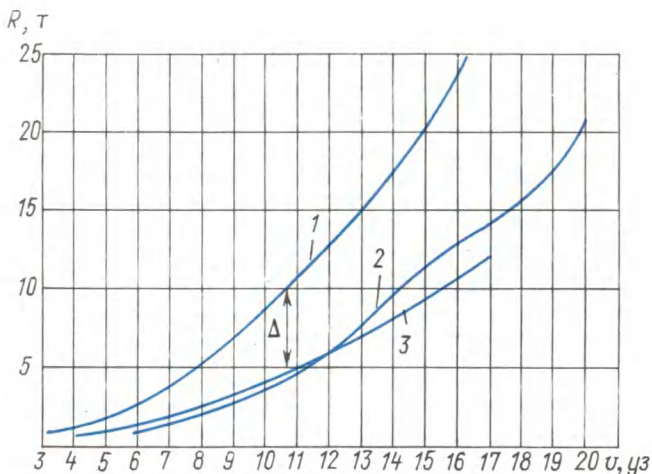


График зависимости сопротивления подводной лодки от скорости

1 — полное подводное, 2 — полное подводное 3 — подводное со снятыми выступающими частями.  $\Delta$  — подводное выступающих частей

пуса корабля на границе двух сред — воды и воздуха. Поэтому у подводной лодки, погруженной на достаточную глубину, отсутствует волновое сопротивление.

Сопротивление выступающих частей включает в себя сопротивление трения и сопротивление формы. На корпусе подводной лодки неизбежны конструктивные элементы, которые выступают за плавные очертания его поверхности. К ним относятся ограждение рубки, кронштейны гребных валов, рули, артиллерийские орудия и т. п. Сопротивление выступающих частей в подводном положении лодок конца 20 — начала 30-х годов достигало 30—50 % полного сопротивления.

Возрастание сопротивлений выступающих частей и трения при движении лодки в подводном положении является причиной того, что при одной и той же скорости полное сопротивление в подводном положении значительно больше, чем в надводном. Вспомним французские чисто электрические подводные лодки, у которых при одной и той же мощности гребного электродвигателя надводная скорость существенно превышала подводную. В рассматриваемый период времени для снижения сопротивления выступающих частей существовали неиспользованные возможности. Имея это в виду, один из авторитетных кораблестроителей, уже знакомый нам М. Лобеф, писал:

При желании получать большую подводную скорость необходимо пересмотреть идеи, положенные в основу перечисленных выше ус-

тройств (*выступающих частей на корпусе подводной лодки — Л. Ш.*), довести их размеры до минимума, убрать пушки. повести борьбу со всеми неровностями корпуса, добиться непрерывности обводов, в противном случае невозможно будет перейти за пределы современных скоростей, равных самое большее 10—11 узлам [15].

Одновременно отметим, что к существенному увеличению сопротивления приводит наличие на корпусе подводной лодки вырезов и шпигатов, через которые забортная вода интенсивно перетекает в пространство между прочным и легким корпусами, вызывая усиленные вихреобразования и местные нарушения плавности обтекания корпуса в районе отверстий. Забегая вперед, укажем, что для локализации этого вредного явления на атомных подводных лодках США сокращают площади вырезов и шпигатов, а оставшиеся при погружении лодки автоматически закрываются.

Воздушное сопротивление имеет место при движении подводной лодки в надводном положении и зависит от величины и формы надводной части корпуса (ограждения рубки, надстройки и т. п.), а также скорости лодки, силы и направления ветра. Оно не превышает на подводных лодках 1—2 % полного сопротивления.

Узнать величину полного сопротивления воды движущейся в ней подводной лодки позволяет метод, разработанный в 1869 г. талантливым английским кораблестроителем Уильямом Фрудом на основе закона механического подобия Ньютона, которому подчиняется волновое сопротивление, поскольку оно, будучи связанным с массой воды и гравитационными силами, не может быть выражено какой-либо аналитической функцией и вычислено. В то же время сопротивление трения, обусловленное вязкостью воды, хотя и не подчиняется закону механического подобия, но может быть выражено математической зависимостью, а следовательно, вычислено. Фруд сформулировал закон подобия: *сопротивления формы двух геометрически подобных судов относятся между собой как кубы их линейных измерений. в то время как их скорости будут находиться в отношении корня квадратного из их измерений.* Исходя из этого, Фруд предложил уже на стадии проектирования корабля испытывать в опытовом бассейне его модель, выполненную в полном соответствии с теоретическим чертежом, геометрически подобную натуре. и по результатам испытаний определять полное сопротивление корабля.

В основу метода пересчета испытаний модели на корабль Фруд положил разделение полного сопротивления модели и корабля на составляющие: сопротивление трения и остаточное сопротивление, в котором объединялись сопротивления формы и волновое. Для определения сопротивления подводной лодки в надводном положении пересчет осуществляется в такой последовательности. Из замеренного в опытовом бассейне полного сопротивления модели вычитается рассчитанное по формуле сопротивление трения. Полученное таким образом остаточное сопротивление модели пересчитывается по кубу масштаба модели на натуру, в результате чего определяется остаточное сопротивление лодки. Чтобы узнать полное сопротивление лодки, нужно к остаточному сопротивлению прибавить вычисленное по формуле сопротивление трения.

Задача выбора оптимальных размеров и формы корпуса подводной лодки усложняется условиями плавания в надводном и подводном положении с неизбежной противоположностью гидромеханических требований для каждого из этих режимов. Так, если в надводном положении на большом ходу полное сопротивление в значительной мере определяется волнообразованием, то в подводном положении оно отсутствует и сохраняются только сопротивления трения, формы и выступающих частей, причем последнее значительно возрастет, так как в воде находятся ограждение рубки, все выступающие части надстройки и орудия. Для увеличения скорости в надводном положении желательно увеличивать отношение длины корпуса лодки к ширине, но это влечет за собой возрастание смоченной поверхности корпуса и, соответственно, сопротивления трения в подводном положении. Затрудняется выбор размеров и формы корпуса подводной лодки в связи с условиями внутреннего размещения оборудования и обеспечения остойчивости. Дело в том, что для надводной остойчивости подводной лодки необходимо иметь сечение по ватерлинии достаточной ширины и площади. Для быстроходных подводных лодок это требование вступает в противоречие с требованием наименьшего сопротивления. Даже из этих немногочисленных примеров противоположных требований, предъявляемых к размерам и форме подводного корабля, можно представить, какие сложные задачи приходится решать его проектировщикам.

Но выбор оптимального корпуса и определение сопротивления, преодолеваемого подводной лодкой, лишь частично решают задачу. Ведь ее необходимо оснастить энергетической установкой соответствующей мощности и бортовым запасом топлива.

Мощность — скорость — дальность плавания. Под прикрытием камуфляжа

Чтобы подводная лодка двигалась с постоянной скоростью, необходим движитель с тягой, равной величине преодолеваемого лодкой сопротивления воды. Приходится учитывать, что далеко не вся мощность двигателя расходуется на преодоление этого сопротивления. При передаче мощности от двигателя и преобразовании ее в упор, создаваемый движителем, происходят потери, определяемые в основном КПД движителя, взаимодействием движителя с корпусом лодки и в меньшей мере трением в подшипниках валопровода и передачи от двигателя к движителю.

Работа, совершаемая силой тяги в единицу времени при движении подводной лодки со скоростью  $v$ , равна мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления воды, которую называют *буксировочной*  $N_e$  и определяют по формуле  $N_e = R_T v / 75$ , где  $R_T$  — полное сопротивление.

Зная  $N_e$ , можно найти мощность, которую нужно подвести к движителю, — *валовую мощность*  $N_w$ :  $N_w = N_e / \eta_d$ , где  $\eta_d$  — пропульсивный коэффициент, равный произведению КПД движителя на коэффициент, учитывающий взаимодействие движителя с корпусом.

Пропульсивный коэффициент — очень важный показатель, характеризующий степень использования мощности энергетической установки для получения заданной скорости, иными словами — коэффициент полезного действия системы корабль — движитель. Если он равен 0,5, а примерно таким он был у подводных лодок конца 20 — начала 30-х годов, это значит, что 50 % мощности энергетической установки в создании силы тяги не участвуют и безвозвратно теряются. Таким образом, при увеличении пропульсивного коэффициента на подводной лодке с заданным водоизмещением можно уменьшить мощность энергетической установки, не снижая скорости, либо увеличить скорость при сохранении мощности установки.

Но главная трудность в достижении подводной лодкой (как и любым кораблем или судном) большой скорости заключается в том, что с ее увеличением резко возрастает сопротивление воды и, соответственно, расходуемая на его преодоление мощность энергетической установки, которая в надводном положении изменяется

(приблизительно) пропорционально кубу скорости, а в подводном — ее квадрату. Если произвести сугубо ориентировочный расчет применительно, например, к английской подводной лодке *Оберон* (1926 г.) водоизмещением 1311/1805 т с энергетической установкой мощностью 2950/1350 л. с. и скоростью 15/9 уз, то получим, что для увеличения ее скорости вдвое мощность установки надводного хода пришлось бы увеличить в восемь раз, а установки подводного хода — в четыре раза. Следовательно, на той же подводной лодке пришлось бы размещать установку мощностью 23 600/5400 л. с. и соответствующий запас топлива. В конкретных цифрах это выглядело бы так. Масса энергетической установки *Оберона* составляла 75/102 т, т. е. в сумме — 177 т. При увеличении скорости лодки вдвое, масса установки возросла бы примерно до 590/405 т, составив в сумме 995 т. А ведь еще пришлось бы размещать возросший запас топлива! Отсюда ясно, что увеличить скорость подводной лодки не только в два раза, а даже на несколько узлов, на один узел — задача чрезвычайно сложная.

С надводным ходом дело обстояло несколько проще. Рост скорости и дальности плавания лодок в надводном положении в значительной степени объяснялся успехами дизелестроения и, в первую очередь, увеличением агрегатной мощности дизелей при одновременном снижении их удельной массы, что позволяло существенно повысить энерговооруженность лодок в надводном положении. Так, если в 1914—1918 гг. удельная масса лодочных дизелей составляла 30—35 кг/л. с., то через 15—20 лет она не превышала 13—17 кг/л. с. Если на французских подводных лодках типа *Редутабль* водоизмещением 1384/2080 т, строительство которых было начато в 1922 г., мощность дизелей составляла 6000 л. с. и скорость надводного хода равнялась 17 уз, то на сопоставимых по водоизмещению лодках типа *Роланд Марилот*, построенных во Франции в конце 30-х годов, удалось разместить дизели мощностью 12 тыс. л. с. и получить скорость 23 уз.

Изменились и способы использования дизельных установок. На больших подводных лодках начали устанавливать вспомогательные дизель-генераторы, не имеющие жесткой связи с гребным валом. В обычных условиях вспомогательный дизель-генератор использовался для зарядки аккумуляторной батареи, что позволяло сохранять ресурс главных двигателей, работающих только на греб-

ные винты, и повышало их надежность, так как двигатель дизеля на малых нагрузках работает неэкономично и быстро изнашивается. Кроме того, вспомогательный дизель-генератор можно использовать для питания вспомогательных электромеханизмов при надводном ходе, а также для питания гребных электродвигателей при экономическом надводном ходе. При необходимости можно, используя всю мощность вспомогательного дизель-генератора, увеличивать скорость полного надводного хода. В таком режиме гребные электродвигатели, получающие питание от вспомогательного дизель-генератора, работали на гребной вал совместно с главными двигателями.

Намного сложнее обстояло дело с электроэнергетическими установками, обеспечивающими подводный ход. Их удельная масса практически оставалась неизменной — на уровне 65—76 кг/л. с. Этим объясняется застой в увеличении скорости подводного хода лодок, которая не превышала 10 уз, а у подавляющего большинства лодок составляла 7—8 уз. При этом аккумуляторная батарея разряжалась в течение 1—1,5 ч, после чего для ее зарядки лодка должна была всплыть и находиться в надводном положении 6—8 ч. Правда, время нахождения лодки в подводном положении могло быть значительно увеличено за счет снижения скорости, как, например, у одной из немецких подводных лодок постройки 30-х годов:

Скорость подводного хода, уз	7,7	4	3	2
Время, ч	1	19	36	70
Дальность, мили	7,7	76	108	140

Но это была вынужденная экономия на и без того небольшой скорости подводного хода — важнейшем тактическом элементе подводного корабля. Вот почему командиры подводных лодок при каждой возможности стремились плавать в надводном положении, жертвуя главным преимуществом — скрытностью. Над ними постоянно, как дамоклов меч, нависала опасность израсходовать энергозапас аккумуляторной батареи, который в любой момент мог стать крайне необходимым.

Для существенного увеличения скорости и дальности плавания лодок в подводном положении нужны были источники энергии с удельной массой гораздо меньшей, чем у аккумуляторной батареи. Надеяться на карди-

нальное улучшение этого показателя, в силу известной специфики электрических аккумуляторов, оснований не было. Не располагая более эффективными подводными источниками энергии, задачу увеличения скорости подводного хода и дальности плавания лодок приходилось решать в основном за счет применения более мощных аккумуляторных батарей. Подход к этому вопросу не был одинаковым. Во французском и итальянском подводных флотах стремились к максимально возможному увеличению мощности батарей. Так, во Франции масса элемента лодочной аккумуляторной батареи изменялась последовательно от 120 кг на первых лодках до 225 кг на лодках, заложенных в 1903 г., и 640 кг на лодках периода первой мировой войны. В Германии и Англии подход был иным и подводные лодки этих стран оснащались более легкими, а следовательно, менее мощными батареями. Это видно на примере сравнения доли массы аккумуляторных батарей в зависимости от водоизмещения французских и немецких подводных лодок:

	Французские			Немецкие		
Водоизмещение, т . . .	460	530	840	480	520	800
Масса батарей, т . . .	87	101	106	48	58	86
Доля, % . . . .	19	19	19,8	10	11,1	10,8

Соответственно отличались и ходовые качества лодок. Если французская лодка водоизмещением 460 т могла развить под водой скорость 11,3 уз и при скорости 5 уз пройти 155 миль, то у немецкой водоизмещением 480 т эти показатели составляли, соответственно, 6,5 уз и 45 миль. Более крупные французские лодки водоизмещением около 800 т показывали 11 уз и 140 миль, такие же германские — 8,5 уз и 65 миль.

Речь идет о немецких подводных лодках предвоенных и военных лет, так как после войны союзники под впечатлением кошмара неограниченной подводной войны запретили Версальским договором побежденной Германии не только иметь подводные лодки, но и вообще работать в этом направлении. Однако немцы, обходя запреты договора, использовали любые возможности. В Голландии под скромной вывеской «Инженерная контора кораблестроения» действовала германская фирма «Дешимаг», объединившая уцелевших после войны немецких кораблестроителей-подводников. По проектам и при участии специалистов конторы в 1930—1932 гг. в Ис-

паний и Финляндии строились подводные лодки. Для Финляндии была построена и успешно испытана немецкой командой подводная лодка, проект которой в минно-торпедном варианте лег на полки морского ведомства Германии. В 1933—1934 гг. на этой лодке отрабатывались конструктивные элементы лодок и готовились кадры для будущего немецкого подводного флота. Соответствующий опыт накапливали немецкие военно-морские атташе за рубежом.

Не теряли времени кораблестроители и в самой Германии, где под вывеской «Инженерное бюро народного хозяйства и техники» замаскировалось конструкторское бюро подводных лодок. В 1930 г. там были разработаны проекты лодок водоизмещением 250 и 750 т, а также технологическая документация, позволявшая в кратчайший срок организовать их серийное производство. Под шифрами *MVB-1* и *MVB-2* строились опытные образцы этих лодок, названные «судами для испытаний моторов». Вот почему после заключения 18 июня 1935 г. англо-германского договора, разрешавшего Германии строить подводные лодки, в течение считанных месяцев немцы спустили на воду 20 субмарин, первая из которых водоизмещением 250/290 т уже в августе 1935 г. прошла испытания и вступила в состав флота. На лодках были внедрены последние достижения подводного кораблестроения. За счет применения электросварки массу прочного корпуса удалось снизить на 42 %, что позволило использовать высвободившийся резерв водоизмещения для увеличения мощности энергетической установки и запаса топлива. Глубина погружения достигла 80 м. Правда, после обнаружения серьезных дефектов в сварных швах, устранить которые не удалось, глубину погружения пришлось ограничить 50 м, но начало широкому использованию электросварки в подводном кораблестроении было положено. Следом за первыми небольшими лодками Германия приступила к постройке крупных подводных кораблей VII серии, обладавших хорошими боевыми качествами. Так мифические «суда для испытаний моторов» превратились в реальные подводные лодки. Цель была достигнута, выиграно время.

Развертывая строительство подводных лодок, руководство гитлеровского флота не жалело сил и средств на создание более качественных кораблей, особенно в части подводных тактико-технических данных. Вот почему



оно радушно встретило никому до той поры не известного молодого инженера, предложившего подводную лодку с необычайно большой скоростью подводного хода.

## СОВЕРШЕННО СЕКРЕТНО... ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА

*Начало. Парогаз. Опять шифр W-80*

В начале 30-х годов в приморском немецком городе Киле находилась небольшая фирма, специализировавшаяся на производстве исследовательской аппаратуры и инструментов. Руководил ею способный инженер Гельмут Вальтер. Как это не раз случалось в истории техники, все началось с «его величества случая». Проверя работу одного из аппаратов, Вальтер обратил внимание на своеобразное поведение высококонцентрированного раствора перекиси водорода. Под его воздействием мгновенно воспламенялись материалы органического происхождения — дерево, бумага, ткани и т. п. В этом не было ничего удивительного. Химики и раньше знали, что перекись водорода — активный окислитель. Именно это свойство лежало в основе ее традиционного применения для отбеливания тканей и обесцвечивания волос.

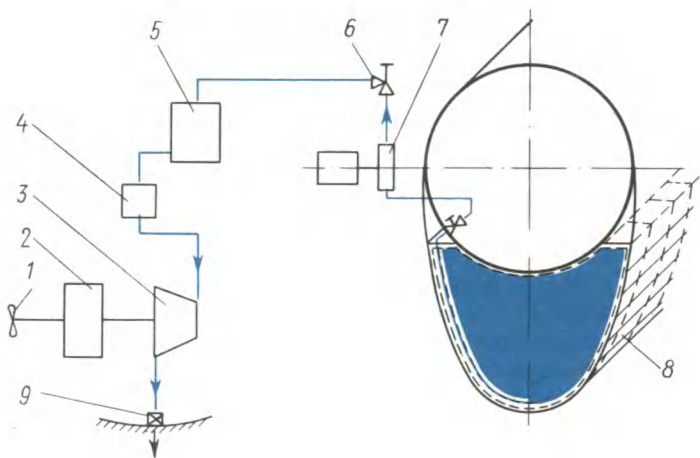
Вальтер взглянул на вещество, известное более 100 лет, с другой точки зрения. Его особенно поразило то, что материалы, подожженные перекисью, не удавалось погасить песком. Не помогали и огнетушители, содержащее которых (как и песок) лишь прекращало доступ кислорода воздуха к очагу пожара и тем самым «душило» пламя. Материалы продолжали гореть под изолирующим слоем песка или пены до полного израсходования перекиси. Значит, рассуждал Вальтер, кислород выделяется в процессе горения, а раз так, концентрированный раствор перекиси водорода можно использовать там, где ощущается дефицит кислорода, например... в двигателях подводных лодок, для которых работа под водой без доступа атмосферного воздуха являлась проблемой номер один. Узнать об этом для Вальтера не составляло большого труда, ведь он жил и работал в Киле — форпосте германского подводного кораблестроения. Идея подводного двигателя с использованием перекиси водорода захватила руководителя скромной фир-

мы. Она привлекала не только новизной, но и сулила колоссальные материальные выгоды.

В 1933 г. Вальтер приступил к исследованию энергетических возможностей растворов перекиси водорода. Выяснились интересные закономерности: 40—60-процентные растворы, разлагаясь, заметно нагревались; часть воды испарялась. При разложении более концентрированных растворов теплоты выделялось намного больше, вода же испарялась вся без остатка, а продукты разложения — смесь водяных паров и кислорода (парогаз) — перегревались. И что особенно важно: каждой концентрации раствора соответствовало строго определенное количество выделяющейся теплоты и кислорода. Такая линейная зависимость предвещала относительно несложное регулирование теплового процесса в двигателе. Перекись водорода — вещество нестойкое, но именно это, в обычных условиях вредное свойство предполагал использовать Вальтер. Он не только не стремился как-то стабилизировать раствор перекиси, а напротив, искал катализаторы, которые способствовали бы его быстрейшему разложению. Такими веществами оказались очень сильные окислители — перманганаты натрия и кальция. Под их воздействием реакция шла мгновенно и до конца.

В 1934 г. о результатах исследований проинформировали высшие сферы командования флотом, после чего с завидной оперативностью под знакомым нам шифром «MVB» с порядковым номером V начались работы по созданию энергетических установок на перекиси водорода. Одновременно поступило распоряжение: немедленно засекретить все, что так или иначе связано с перекисью водорода. Отныне в немецкой технической литературе и переписке общеизвестное вещество фигурировало под фантастическими названиями «аурол», «оксилин» и «топливо Т».

Первая энергетическая установка на перекиси водорода работала следующим образом. Продукты реакции разложения высококонцентрированного раствора перекиси водорода подавались в турбину, вращавшую через понижающий редуктор гребной винт, а затем отводились за борт. По такому процессу, названному Вальтером «холодным», работала опытная стендовая установка, построенная и испытанная в 1936 г. В ходе испытаний пришлось решать попутно возникающие проблемы. Например, обнаружилось, что пыль, ржавчина, щелочи



Принципиальная схема первой энергетической установки на перекиси водорода

1 — гребной винт, 2 — редуктор, 3 — турбина, 4 — сепаратор, 5 — камера разложения, 6 — регулирующий клапан, 7 — электронасос раствора перекиси, 8 — эластичные емкости раствора перекиси, 9 — невозвратный клапан удаления за борт продуктов разложения перекиси

и другие примеси резко ускоряют разложение перекиси и создают опасность взрыва. Выход был найден. Для хранения раствора перекиси применили эластичные емкости из синтетического материала. Такие емкости были предпочтительны и с точки зрения размещения их вне прочного корпуса, что позволяло рационально использовать свободные объемы между прочным и легким корпусами лодки и, кроме того, создавать подпор раствора перекиси перед насосом установки за счет давления забортной воды.

Энергетическая установка имела два очевидных недостатка. Кислород, содержащийся в отводимых за борт продуктах реакции, плохо растворялся в воде, и его пузырьки должны были демаскировать подводную лодку. Но главное, в условиях корабля, изолированного от атмосферы толщей воды, выбрасывать за борт кислород являлось неоправданным расточительством. Поэтому логическим продолжением «холодного» процесса являлся «горячий», при котором в продукты разложения перекиси можно подать органическое топливо и сжигать его в среде ранее неиспользованного кислорода. В таком ва-

рианте мощность установки резко возрастала и, кроме того, уменьшалась следность, так как продукт горения — углекислый газ — значительно лучше кислорода растворяется в воде. Вальтер отдавал себе отчет в недостатках «холодного» процесса, но мирился с ними, так как понимал, что в конструктивном отношении энергетическая установка, работающая по «холодному» процессу, будет несоизмеримо проще, чем по «горячему», а значит, можно гораздо быстрее построить лодку и продемонстрировать ее достоинства.

В 1937 г. Вальтер выступил перед командованием гитлеровского флота с докладом о перспективах создания новых подводных лодок с большой скоростью подводного хода и получил задание на проектирование опытного корабля. В процессе проектирования решались вопросы, связанные не только с применением необычной энергетической установки. Для проектной скорости подводного хода порядка 25 уз формообразования обычной подводной лодки и способы управления ею в подводном положении были неприемлемы. Выбирая оптимальную форму и размеры корпуса лодки, испытывали несколько моделей в аэродинамической трубе. При создании системы управления по курсу и глубине заимствовали опыт самолетостроения, применив сдвоенные рули по образцу рулей самолета «Юнкерс-52». В 1938 г. в Киле на заводе «Германия верфт» была заложена опытная подводная лодка с энергетической установкой на перекиси водорода водоизмещением 80 т, получившая шифр W-80.

## ДИКТУЕТ ОБСТАНОВКА

На перепутье. Большие, средние, малые. Подводный флот есть

Первое в мире социалистическое государство, находясь в империалистическом окружении и отдавая все силы и средства восстановлению народного хозяйства, было вынуждено одновременно решать и вопросы обороноспособности. Подводные силы требовали практически полного обновления. Оставшиеся в наследство от царского режима несколько подводных лодок не отвечали элементарным требованиям.

В то время единого мнения о путях создания подводного флота не было, и когда в 1925 г. народный

комиссар по военным и военно-морским делам, Председатель Реввоенсовета СССР М. В. Фрунзе проводил совещание по этому вопросу с подводниками Балтийского флота, мнения разделились. Некоторые считали, что после десятилетнего перерыва в проектировании и строительстве подводных лодок Россия растеряла кадры кораблестроителей, в то время как за границей развитие подводного кораблестроения не прекращалось. Следовательно, целесообразнее купить зарубежную подводную лодку и, используя ее как прототип, а также учитывая опыт войны, проектировать свой корабль. Однако большинство участников совещания с такой позицией не согласились. Они доказывали, что капиталистические государства не продадут достаточно совершенный корабль, и, затратив огромные средства на покупку образца и постройку серийных лодок на его основе, достаточно боеспособный подводный флот создать не удастся. При этом вспоминали историю покупки царским правительством во время русско-японской войны подводных лодок у американской фирмы Лэка, оказавшихся не только низкого качества, но и уступавших по многим тактико-техническим элементам лодкам, спроектированным и построенным в России. В итоге было принято решение проектировать и строить подводные лодки своими силами.

В ноябре 1926 г. было создано специальное конструкторское бюро по проектированию подводных лодок во главе с талантливым инженером-кораблестроителем, впоследствии профессором, доктором технических наук Б. М. Малининым. А в декабре 1926 г. была утверждена шестилетняя программа развития военно-морского флота (1926—1932), в которой наряду с кораблями других классов предусматривалось строительство 22 подводных лодок [11].

Кроме Б. М. Малинина в проектировании первых советских подводных лодок участвовали В. И. Говорухин, Э. Э. Крюгер, К. И. Руберовский, Ф. З. Федоров, А. К. Шлюпкин, А. Н. Щеглов и др. Значительную часть работы выполняли молодые инженеры и конструкторы, воспитывавшиеся и обучавшиеся уже при советской власти: С. А. Базилевский, П. З. Голосовский, В. П. Горячев, З. А. Дерибин, В. В. Новожилов, В. Ф. Сегаль, В. П. Фуников и др. От военно-морского флота в разработке проектов участвовали опытные специалисты А. П. Шершов, Н. В. Алексеев, Л. А. Белецкий,



К. Л. Григайтис, Т. И. Гушлевский, П. П. Киткин, В. Ф. Критский, Г. М. Трусов, М. А. Рудницкий, П. И. Сердюк и др. Для консультаций привлекались видные ученые А. Н. Крылов, П. Ф. Папкович, Ю. А. Шиманский. Это им — ученым, конструкторам и морякам разных поколений выпала честь стоять у колыбели советского подводного кораблестроения [18].

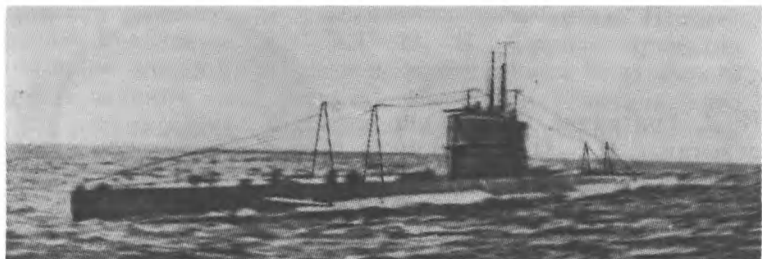
5 марта 1927 г. в присутствии С. М. Кирова и начальника военно-морских сил РККА Р. А. Муклевича состоялась закладка трех первых подводных лодок — *Декабрист*, *Народоволец* и *Красногвардеец* — 1-й серии для Балтийского флота. Главным конструктором этих лодок был Б. М. Малинин. Для Черноморского флота строились *Спартаковец*<sup>1</sup>, *Революционер* и *Якобинец*. Названия лодок символизировали важнейшие этапы революционного движения.

Р. А. Муклевич 18 ноября 1930 г. телеграфировал:

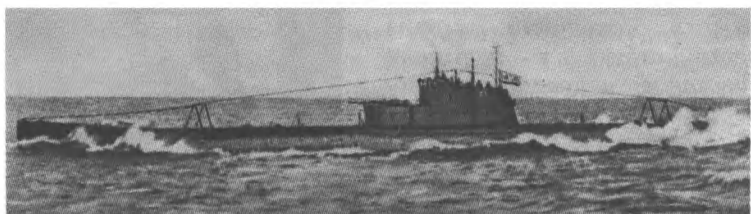
Поздравляю Морские силы Балтийского моря с вступлением в строй подводной лодки *Декабрист* — первенца нового советского судостроения и техники. Уверен, что в руках революционных моряков Балтики *Декабрист* явится грозным оружием против наших классовых врагов и в будущих боях за социализм покроет славой свой красный флаг... [7].

*Декабрист* имел водоизмещение 938/1360 т. Двухвальная энергетическая установка мощностью 2200/1050 л. с. обеспечивала скорость 15,3/8,5 уз и дальность плавания 8950 (9)/158 (2,9) миль. Вооружение: восемь

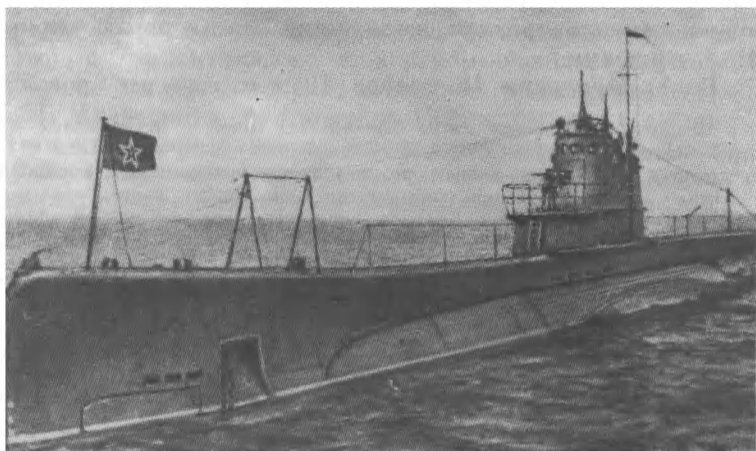
<sup>1</sup> Название дано в честь группы «Спартак», организованной в Германии во время первой мировой войны Карлом Либкнехтом и Розой Люксембург. Деятельность спартаковцев подготовила создание в 1918 г. Коммунистической партии Германии. (Примеч. науч. ред.)



Подводная лодка типа *Декабрист*



Подводная лодка типа *Ленинец*



Подводная лодка типа *Щука*

торпедных аппаратов, одно 100-мм и одно 37-мм орудия<sup>1</sup>.

Параллельно с постройкой лодок 1-й серии велась подготовка к закладке лодок 2-й серии — минных заградителей типа *Ленинец*, первый из которых был заложен в сентябре 1929 г. и вступил в строй в 1933 г. Большие подводные лодки первых двух серий еще строились, а промышленность уже приступила к постройке лодок 3-й серии среднего водоизмещения. По названию головного корабля, вступившего в строй в октябре 1933 г. на Балтике, их стали называть *Щуками*. В целом лодки оказались удачными. Отдельные конструктивные недостатки устранялись путем модернизаций. *Щуки* строились несколькими сериями. К 1940-г. в составе флотов насчитывалось 75 лодок этого типа, а всего было построено 86 единиц [9].

В 1930—1933 гг. был разработан проект и начато строительство подводных лодок среднего водоизмещения 9-й серии типа *С* («средняя») с более высокими тактико-техническими элементами, чем у подводных лодок типа *Щ*. Своеобразна история создания этих кораблей. В июне 1933 г. группа советских кораблестроителей получила возможность принять участие в испытаниях подводной лодки *Е-1*, построенной в Испании по проекту немецкой фирмы. Тогда же с фирмой был заключен контракт на проектирование подводной лодки среднего водоизмещения по советскому техническому заданию. Однако из-за большого количества отклонений от задания проект возвратили фирме на доработку. Под руководством инженера-кораблестроителя В. Н. Перегудова была создана специальная группа конструкторов, в состав которой входили З. А. Дерибин, В. Ф. Критский, В. В. Перловский, А. Г. Соколов и др. Этой группой был разработан новый проект [7]. В сентябре 1936 г. головная лодка типа *С* вошла в строй.

Большому и сложному делу не всегда сопутствует удача, примером тому явилось создание больших лодок 4-й серии типа *Правда*, предназначавшихся для действий совместно с соединениями надводных кораблей, в связи с чем они должны были иметь большую скорость

---

<sup>1</sup> Здесь и далее тактико-технические элементы советских подводных лодок приводятся для головных кораблей серии, с которыми они были сданы флоту. При дальнейшем совершенствовании серий (последующие отличались от предыдущих цифровыми индексами) многие тактико-технические элементы были улучшены.





Подводная лодка типа С

надводного хода и мощное артиллерийское вооружение. У этой лодки оказались недостаточно высокими подводные тактико-технические данные — малая глубина погружения, большой запас плавучести (из-за чего увеличилось время погружения), а также ослабленное торпедное и недостаточно мощное артиллерийское вооружение. Было принято решение ограничиться строительством только трех подводных лодок этого типа.

Но отдельные неудачи не меняли картины в целом. Советское подводное кораблестроение приобретало опыт и набирало темпы. В 1930—1935 гг. строились предназначенные для Дальнего Востока подводные лодки небольшого водоизмещения 6-й серии, названные на флотах *Малютками*, главным конструктором которых являлся А. Н. Асафов. На этих лодках впервые в истории отечественного кораблестроения корпуса изготавливались цельносварными. Первая лодка вошла в строй в апреле 1934 г.

В 1937 г. начали поступать на флоты более совершенные *Малютки* 12-й серии, проект которых был разработан по инициативе инженера П. И. Сердюка, а накануне Великой Отечественной войны под руководством главного конструктора Ф. Ф. Полушкина начато строительство *Малюток* 15-й серии с более мощным вооружением и лучшими мореходными качествами с двухвальной энергетической установкой [11].



Подводная лодка типа М

В 1934 г. под руководством М. А. Рудницкого началось проектирование самых больших советских подводных лодок довоенной постройки 14-й серии типа *К* («крейсерские»), названных моряками *Катюшами*. При их проектировании был учтен опыт создания ранее упоминавшихся лодок 4-й серии. Эти подводные лодки (первая вступила в строй в мае 1940 г.) могли действовать в открытом океане на большом удалении от баз. В приемном акте головного корабля серии указывалось:

...Подводная лодка находится на современном техническом уровне и по своим тактическим элементам значительно превосходит зарубеж-

Подводная лодка типа К

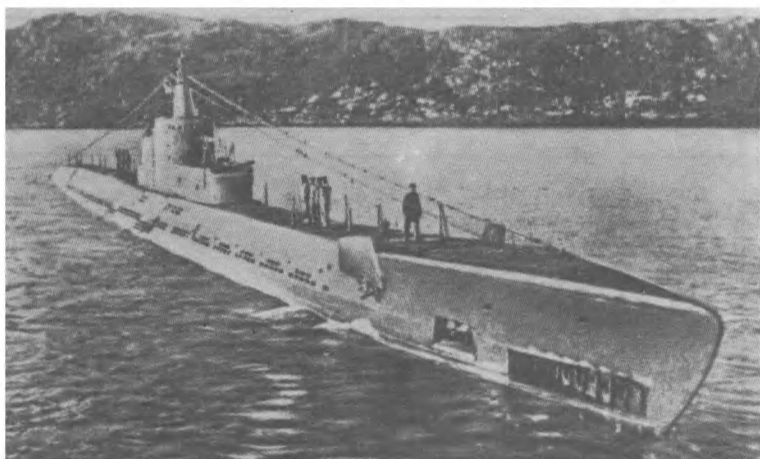


Таблица 3. Основные тактико-технические элементы подводных лодок, участвовавших во второй мировой войне

Тип и (или) серия лодки, страна	Водоизмещение, т	Скорость, уз	Дальность плавания, миль	Глубина погружения (рабочая), м	Автономность, сут	Вооружение	
						торпедное (число торпедных аппаратов)	артиллерийское (число стволов — калибр, мм)
<i>М</i> , 12-я, СССР ИВ, Германия	203/254 279/329	14/8 13/7	М а л ы е 3600 (8,5) / 90 (3) 2900 (10) / 43 (4)	50 50	15 15	2	1—45
						3	1 пулемет
<i>С</i> , СССР	837/1073	19,5/9	С р е д н и е 8200 (10) / 135 (3)	80	45	6	1—100, 1—45
						5	1—88, 1 пулемет
VII, Германия	769/871	17/7,6	9800 (10) / 80 (4)	80	35	7	1—76
						4	1—102
<i>S</i> , Англия <i>S</i> , США <i>Сирена</i> , Италия <i>Ro-57</i> , Япония	819/990 850/1126 590/785 889/1032	15/9 14,5/11 14,5/8,5 17/10,5	7700 (8) / 90 (2) 8000 (100) 4000 (9) / 72 (4) 7500 (8)	70 — — 60	— — — 20	6	1—80
						4	
<i>К</i> , СССР IX, Германия	1427/2102 1120/1360	22/10,3 17/8	Б о л ь ш и е 16 500 (9) / 175 (3) 13 500 (10) / 73 (4)	80 80	50 50	10	2—100 2—45 1—105, 2 зенитных автомата
						6	
<i>T</i> , Англия <i>Гэту</i> , США	1320/1600 1850/2425	15,5/9 15/9	11 800 (8) / 113 (3) 12 000 (10) / 200 (3)	70 —	40 60	10	1—100 1—102, 2 зенитных автомата
						8	2—120, 4 зенитных автомата
<i>Петр Кальви</i> , Италия	1330/1965	17/8,5	13 500 (9) / 80 (4)	70	—	6	2—140, 2 пулемета
<i>I8</i> , Япония	1950/2600	17/9	14 000 (10)	75	45		

ные лодки подобного типа, в особенности по вооружению и скоростям. Самая мощная и самая быстроходная<sup>1</sup>.

Великая Отечественная война подтвердила эту оценку. Командующий Северным флотом адмирал А. Г. Головкин отмечал, что лодки типа *К* неизменно вызывали зависть у наших союзников.

Даже из скупого обзора становления советского подводного кораблестроения видно, что ученые, конструкторы, рабочие и участвовавшие в проектировании, постройке и испытаниях лодок моряки успешно справились с задачей и создали подводные корабли, которые по основным тактико-техническим элементам не уступали зарубежным аналогам (табл. 3) [22]. Таблица дает представление и о тенденции в развитии подводных лодок накануне второй мировой войны. Существенно возросла мощь оружия, улучшились основные надводные данные, особенно дальность плавания. Подводные же качества изменились незначительно за исключением глубины погружения, которая возросла почти в два раза.

В количественном отношении подводные силы флотов разных стран существенно отличались друг от друга, что объяснялось их экономическими возможностями, а также взглядами военных ведомств на тенденции развития подводных лодок и ту роль, которая отводилась им в военных конфликтах. В предвидении агрессии против нашего государства и широких боевых действий на море в СССР было развернуто строительство подводных лодок. К началу Великой Отечественной войны советский ВМФ располагал 213 подводными лодками [11].

---

<sup>1</sup> Сорокин А. И., Краснов В. Н. Корабли проходят испытания. Л., Судостроение, 1985, с. 129.

## ГРОЗНОЕ ОРУЖИЕ

## ЧУДО НЕ СОСТОЯЛОСЬ

Атакуют советские подводники. Снова W-80. «Горячий процесс». Чем кончилось чудо

В ходе второй мировой войны подводные лодки выполняли разные задачи, но при относительно одинаковых боевых возможностях эффективность их действий была неодинаковой. В крайне тяжелых условиях, в стесненных и мелководных районах, при наличии серьезной минной опасности и сильно развитой противолодочной обороны пришлось решать боевые задачи советским подводным лодкам. Ни один из иностранных флотов, участвовавших в войне, не испытал таких трудностей. Подводные лодки Германии, Японии и США действовали преимущественно в океанах вне развитой противолодочной обороны.

По разнообразию выполняемых задач советские подводные лодки были наиболее универсальными силами флота. Они вели борьбу на морских коммуникациях противника, защищали свои морские коммуникации, ставили мины, вели разведку, несли дозор, перевозили людей и грузы, осуществляли навигационно-гидрографическое обеспечение сил флота. Удары советских подводных лодок оказались весьма чувствительными для фашистов.

В феврале 1945 г. в течение трех дней гитлеровский рейх находился в трауре, а советского подводника капитана 3-го ранга Александра Ивановича Маринеско Гитлер объявил личным врагом, врагом Германии и заочно приговорил к смертной казни.

Подводная лодка *C-13* под командованием Маринеско в январе 1945 г. действовала в южной части Балтийского моря. Вечером 30 января в Данцигской бухте недалеко

от маяка Хела гидроакустик уловил шум винтов. Лодка легла на курс сближения с противником. В 21 ч 10 мин были обнаружены вражеские суда, выходившие из бухты в окружении кораблей охранения. Это были лайнер *Вильгельм Густлов* водоизмещением 25 484 т, являвшийся учебной базой фашистского подводного флота, и крупный теплоход *Ганза*. Гитлеровцы не ожидали действий советских подводных лодок со стороны берега, в связи с чем корабли охранения располагались мористее. Но именно так и решил действовать командир *С-13*.

Лайнер шел со скоростью 15 уз. Чтобы выйти на него в атаку, лодка шла параллельным курсом полным ходом в позиционном положении. Погода была свежая и лодку заливало, но она упорно преследовала цель. В 23 ч 8 мин с дистанции 5 кабельтовых был произведен четырехторпедный залп, а меньше чем через минуту раздались мощные взрывы. Лайнер с большим креном на левый борт медленно погружался в воду... Корабли охранения бросились преследовать лодку, но она, погрузившись, пошла к месту гибели лайнера. Маринеско учел, что противник в этом районе не станет сбрасывать глубинные бомбы, опасаясь изувечить находившихся в воде людей. Разумный маневр позволил *С-13* благополучно оторваться от преследования. На *Вильгельме Густлове* погибло свыше 7 тыс. матросов и офицеров противника, в том числе около 3000 квалифицированных подводников (примерно 70 экипажей для новых подводных лодок гитлеровского флота).

Продолжая боевые действия, на подходе к Данцигской бухте 10 февраля *С-13* атаковала и потопила крупный транспорт *Генерал Штойбен* водоизмещением 14 660 т с 3,6 тыс. гитлеровцев на борту.

За выдающиеся боевые успехи, достигнутые в этом походе, все члены экипажа *С-13* получили правительственные награды, а подводная лодка в апреле 1945 г. была награждена орденом Красного Знамени.

Другая балтийская подводная лодка — *Л-3* — под командованием капитана 3-го ранга В. К. Коновалова 17 апреля 1945 г. атаковала вражеский конвой и потопила транспорт *Гойя* водоизмещением 5230 т, на борту которого находилось 5385 человек, в том числе около 1300 подводников — офицеров, курсантов и матросов (около 30 экипажей). Лодка стала гвардейской. Через два дня *Л-3* одержала новую победу, уничтожив судно водоизмещением около 400 т с боеприпасами на борту.

В. К. Коновалов в июле 1945 г. был удостоен высокого звания Героя Советского Союза.

Много славных дел внесли в летопись Великой Отечественной войны подводники-североморцы. В июле 1942 г. к берегам Советского Союза (в Мурманск) из Исландии шел конвой «RQ-17», сформированный союзниками для доставки грузов по ленд-лизу. Для уничтожения «RQ-17» немцы направили эскадру в составе линкора *Тирпиц*, тяжелого крейсера *Адмирал Шеер* и восьми эсминцев. В это время возле Альтен-фьорда находилась подводная лодка *K-21* под командованием капитана 2-го ранга Н. А. Лунина. Вражеская эскадра была обнаружена 5 июля около 17 ч. Лунин решил атаковать *Тирпиц*. В 18 ч 01 мин с дистанции около 18 кабельтовых лодка выпустила четыре торпеды с интервалом 4 с. Опасаясь преследования противника, Лунин сразу опустил перископ, лодка ушла на глубину и увеличила скорость. Через 2 мин 15 с акустик доложил о двух взрывах. Лунин передал по радио, что атаковал *Тирпиц*. Это донесение было перехвачено немцами. Гитлеровское командование, считая, что цель похода преждевременно раскрыта, и опасаясь за судьбу новейшего линкора, приказало эскадре возвратиться в базу.

Советские подводные лодки, созданные в годы первых пятилеток, в ходе тяжелых боевых испытаний подтвердили свои конструктивные достоинства и надежность. В Баренцевом, Балтийском и Черном морях они уничтожили торпедами и минным оружием более 300 транспортов общим водоизмещением свыше 1 млн. т и около 100 боевых кораблей противника.

Высокое боевое мастерство и массовый героизм проявили в годы Великой Отечественной войны советские подводники. За мужество и героизм около 6000 из них были награждены орденами и медалями Советского Союза, 20 подводников были удостоены высокого звания Героя Советского Союза, 12 лодок стали гвардейскими, 23 награждены орденом Красного Знамени, а подводные лодки Северного флота *Д-3*, *С-56*, *Щ-402* и *М-172* стали одновременно гвардейскими и краснознаменными.

Достоинно проявили себя подводники и других стран антигитлеровской коалиции. Действия английских подводников, сражавшихся в Заполярье плечом к плечу с советскими подводниками, заслужили высокую оценку командования Северного флота.

Германия начала войну с 57 подводными лодками,

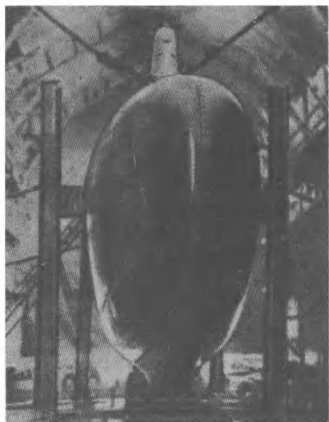
24 из которых по своим тактико-техническим данным вообще не были пригодны к действиям в Атлантике. Однако неподготовленность Англии к подводной войне оказалась столь вопиющей, что даже немногочисленные немецкие подводные лодки в первые же месяцы войны достигли крупных успехов. Уже через 16 дней после начала войны германская лодка потопила английский авианосец *Корейджес* с 50 самолетами на борту. Прошло около месяца и на дно был отправлен английский линкор *Ройал Оук*. Почти ежедневно на Британских островах узнавали о гибели транспортных судов. И это несмотря на то, что только на атлантическом морском театре в середине 1941 г. англичане и американцы сосредоточили более 2000 противолодочных кораблей и несколько тысяч самолетов.

Ободренное успехами фашистское руководство флотом приняло решение о подготовке к тотальной подводной войне и развернуло строительство подводных лодок. Командование германских подводных сил доложило верховному главнокомандованию, что для восполнения ожидаемых потерь потребуется вводить в строй ежемесячно не менее 29 подводных лодок. Такого темпа достигнуто не было, но в отдельные месяцы 1941 г., используя промышленную базу захваченных западноевропейских стран, немцы вводили в строй до 23 единиц, а всего за период войны в Германии была построена 1131 подводная лодка.

Пока немецкие подводные лодки действовали успешно, руководство гитлеровского флота форсировало строительство кораблей довоенных проектов. Но в конце 1942 г. ситуация изменилась. Все чаще немецкие лодки, выходявшие на океанские коммуникации, стали бесследно исчезать. Командиры нескольких чудом уцелевших лодок рассказывали о происходившем. Ночью, в тумане, при очень плохой видимости, когда лодка шла на позицию в надводном положении, неожиданно на малой высоте появлялся самолет и без помех точно сбрасывал бомбы. Только в первом полугодии 1943 г. немцы потеряли в Атлантике 113 лодок. Через некоторое время выяснилось, что у союзников появились самолеты и надводные корабли, оснащенные радиолокаторами.

Руководство гитлеровского флота энергично искало выход из создавшегося положения. В отличие от других стран, которые в течение войны не разрабатывали проекты новых подводных лодок и в отдельных слу-





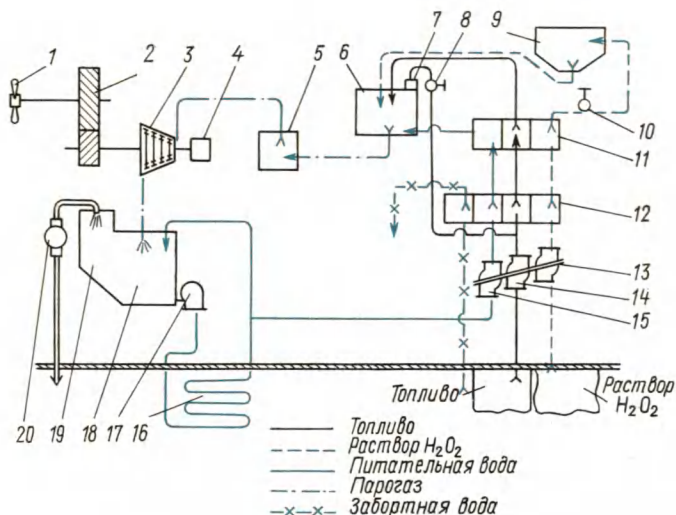
Подводная лодка W-80 в эллинге

чаях лишь модернизировали корабли, спроектированные в довоенные годы, гитлеровские стратеги, видевшие в подводном флоте одну из главных сил, способных изменить ход войны, не жалели средств и ресурсов на создание качественно новых подводных лодок. Именно этим, а не какими-то особыми достоинствами конструкторов, что иногда подчеркивается мемуаристами на Западе,

объясняются успехи немецкого подводного кораблестроения на заключительной стадии войны.

Управление кораблестроения Германии, следившее за ходом работ по созданию новых подводных лодок, держало в поле зрения деятельность Вальтера, быстро усвоившего, какие блага сулит работа на военное ведомство агрессивного рейха, и превратившегося за годы фашистской диктатуры в крупного предпринимателя. В обстановке строжайшей секретности форсировалось строительство опытной подводной лодки W-80. На корабль допускали строго ограниченный круг лиц по спискам, согласованным в высших инстанциях вермахта. На контрольно-пропускном пункте эллинга, в котором строилась лодка, дежурили гестаповцы, переодетые в форму пожарных. В 1942 г. лодку построили и начали испытывать. Учитывая, что при большой скорости подводного хода выдвигать перископ нельзя, так как его может снести набегающим потоком воды, для замера скорости в носовой части лодки был установлен герметичный светильник. Испытания проводились в ночное время, когда светильник просматривался через толщу воды. Ориентируясь на свет, лодку сопровождал торпедный катер, по лагу которого и замерялась ее скорость. Результат превзошел все ожидания. W-80 развила под водой скорость 28,1 уз.

Сразу после испытаний в сентябре 1942 г. главнокомандующий флотом гросс-адмирал Редер созвал совещание, на котором были намечены мероприятия по скорейшему развертыванию строительства новых подводных



### Принципиальная схема ПГТУ.

1 — гребной винт, 2 — редуктор; 3 — турбина; 4 — гребной электродвигатель, 5 — сепаратор; 6 — камера горения, 7 — запальное устройство, 8 — клапан дистанционного трубопровода, 9 — камера разложения, 10 — клапан включения форсунок; 11 — трехкомпонентный переключатель, 12 — четырехкомпонентный регулятор, 13 — насос раствора перекиси водорода; 14 — топливный насос, 15 — водный насос; 16 — охладитель конденсата; 17 — конденсатный насос, 18 — конденсатор смещения; 19 — газосборник, 20 — углекислотный компрессор

лодок с парогазотурбинными установками (ПГТУ), работающими по «горячему» процессу, осуществлявшемся следующим образом.

Насос для подачи раствора перекиси водорода, сблокированный на одной оси трехнасосного агрегата с топливным и водяным насосами, подавал раствор из эластичных емкостей через четырехкомпонентный регулятор, трехкомпонентный переключатель и клапан включения форсунок в камеру разложения. Продукты разложения — пары воды и кислород поступали в камеру горения, куда одновременно подавалось топливным насосом органическое топливо из цистерн. При пуске установки зажигание осуществлялось запальным устройством, к которому топливо подводилось помимо четырехкомпонентного регулятора по специальному растопочному трубопроводу с клапаном. Топливо сгорало в среде, насыщенной свободным кислородом. Температура продуктов горения достигала 2000°C. Для ее снижения перед лопатками турбины до 550°C в камеру горения водяным насосом через те же четырехкомпонентный регулятор и трехкомпонентный переключатель подавалась питательная вода. Парогаз, состоявший из паров воды и углекислоты, из камеры горения через сепаратор поступал в турбину, вращавшую через понижающий редуктор гребной винт. Из турбины отработавший парогаз поступал в конденсатор смешения, где охлаждался, смешиваясь с подаваемой в конденсатор водой. Сконденсировавшиеся пары воды конденсатным насосом прокачивались через

расположенный за бортом охладитель, после чего часть конденсата возвращалась в конденсатор для охлаждения парогаса, а другая подавалась водяным насосом в камеру горения. При установившемся режиме работы установки вода, накапливающаяся в процессе разложения перекиси водорода, отводилась за борт. Углекислота из газосборника удалялась за борт компрессором. В связи с расходом раствора перекиси и топлива неизменность водоизмещения подводной лодки достигалась их замещением забортной водой, поступление которой в специальные цистерны дозировал четырехкомпонентный регулятор. Для малого подводного хода лодка была оснащена гребным электродвигателем с питанием от аккумуляторной батареи.

Перед немецкой судостроительной промышленностью ставилась задача уже с 1943 г. ввести в строй 26 подводных лодок с ПГТУ. Во вновь созданном специальном конструкторском бюро, которое возглавил Вальтер, в сжатые сроки был разработан проект подводной лодки XVII серии, состоявшей из 9 единиц, по сути дела являвшихся опытными кораблями, строившимися в разных модификациях и предназначавшихся для различных исследований и подготовки экипажей. Каждая лодка была оснащена двумя ПГТУ суммарной мощностью 5000 л. с. В 1943 г. головная лодка была построена и испытана. При запасе раствора перекиси водорода 55 т она могла идти в подводном положении со скоростью 25 уз в течение 4 ч, и 22 уз — 6 ч. Таким образом, скорость подводного хода немецких дизель-электрических лодок аналогичного водоизмещения была превышена более чем в три раза!

Такая необычно большая скорость лодок с ПГТУ объясняется в основном их энерговооруженностью. Сравним этот показатель подводной лодки XVII серии с ПГТУ с энерговооруженностью ранее упоминавшейся дизель-электрической лодки II серии с мощностью двигателя 300 л. с., развивавшей под водой скорость 7 уз. Подводное водоизмещение лодок — около 330 т. Их энерговооруженность составляла соответственно около 15 л. с./т и 1 л. с./т. Чтобы повысить подводную скорость более чем в три раза, мощность энергетической установки подводного хода пришлось увеличить в 15 раз! Это стало возможным благодаря удельной массе ПГТУ, составлявшей всего около 5 кг/л. с. Вспомним, что этот показатель у электроэнергетических установок подводного хода дизель-электрических подводных лодок колебался в диапазоне 65—75 кг/л. с.

Параллельно с созданием новых подводных лодок немцы наращивали производство перекиси водорода. Если в 1939 г. в Германии ее вырабатывалось в пересчете

на 80-процентный раствор 6800 т в год, в то время как все остальные страны производили 7600 т, то в 1944 г. выработка перекиси водорода в Германии составила уже 24 тыс. т и строились дополнительные мощности на 90 тыс. т в год.

Еще не имея полноценных боевых подводных лодок с ПГТУ и опыта их боевого использования, гросс-адмирал Дениц вещал:

Придет день, когда я объявлю Черчиллю новую подводную войну. Подводный флот не был сломлен ударами 1943 года. Он стал сильнее, чем прежде. 1944 год будет тяжелым годом, но годом, который принесет большие успехи.

Деницу вторил государственный радиокомментатор Фриче, обещавший нации «тотальную подводную войну с участием совершенно новых подводных лодок, против которых противник будет беспомощен»<sup>1</sup>.

Цепляясь за любую возможность изменить ход военных действий, фашистское руководство открыло «зеленую улицу» проектам новой военной техники. В 1944 г. Вальтер закончил проект первой боевой подводной лодки XVIII серии с ПГТУ водоизмещением 1485/1652 т, вооруженной шестью торпедными аппаратами. Дизель-электрическая установка мощностью 4000/198 л. с. позволяла развивать скорость 17/5 уз. ПГТУ мощностью 15 тыс. л. с. при запасе раствора перекиси водорода 240 т обеспечивала в течение 8 ч скорость подводного хода 24 уз. Но корабль не был построен. Причиной послужило очень большое потребление перекиси водорода. Дело в том, что к этому времени установки на перекиси водорода (не без инициативы Вальтера) начали применяться в немецкой авиационной технике — самолетах, ракетах «ФАУ-2» и двигателях стартовых ракет самолетов. А на одну только заправку каждой подводной лодки XVIII серии требовалось 240 т дефицитного продукта.

В спешном порядке был разработан проект новой подводной лодки XXVI серии водоизмещением 853/938 т. Планировалось построить 200 единиц. Дизель-электрическая установка мощностью 1400/198 л. с. обеспечивала скорость 11/7 уз и дальность плавания 7300 (10)/100 (4) миль, а ПГТУ мощностью 6,5 тыс. л. с. при запасе перекиси водорода 97 т позволяла в течение 6 ч

---

<sup>1</sup> Шапиро Л. С. Совершенно секретно: вода плюс атом кислорода. — Химия и жизнь, 1972, № 1, с. 47.

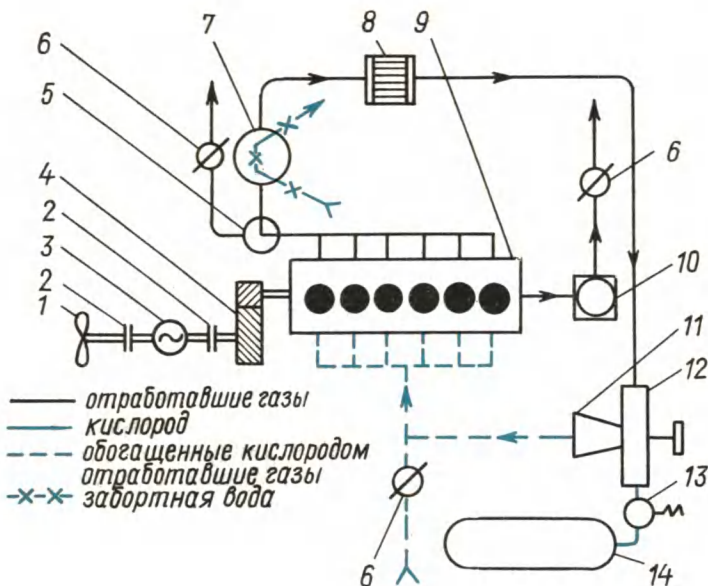
развивать под водой скорость 24 уз. Корабль был вооружен шестью носовыми и шестью бортовыми торпедными аппаратами. Такое количество аппаратов на подводной лодке относительно небольшого водоизмещения, а также их расположение предусматривались для экономии перекиси водорода, когда при работающей ПГТУ после первой и особенно после второй атаки приходилось затрачивать много времени на перезарядку аппаратов. Поэтому тактика атаки предусматривала залп из носовых аппаратов, подныривание под корабль противника с выходом на позицию залпа из бортовых аппаратов. На испытаниях головная лодка (так и оставшаяся единственным кораблем серии) смогла развить скорость 21 уз. Времени на выяснение причин недобора скорости и доводку корабля не оставалось. Заканчивался 1944 год...

Всего было построено 11 подводных лодок с ПГТУ. Для этого потребовалось около 10 лет и огромные материальные ресурсы, но корабли так и не были доведены до необходимой эксплуатационной надежности. Постоянно возникали новые проблемы, на решение которых военная обстановка не предоставляла времени. В боевых действиях подводные лодки с ПГТУ не принимали участия и в последние дни войны были уничтожены или затоплены своими экипажами. Чудо не состоялось.

## ВТОРАЯ ЖИЗНЬ ИДЕИ

«Крейслауф»-двигатель. Опыты  
начала века. Первые с единым  
двигателем

ПГТУ являлась не единым двигателем, как иногда ошибочно указывается в литературе, а ускорительной (форсажной) установкой подводного хода. После израсходования в течение нескольких часов бортового запаса раствора перекиси водорода, подводная лодка превращалась в обычную дизель-электрическую с умеренными ходовыми качествами. Конечно, ПГТУ наделяла подводный корабль серьезным тактическим преимуществом, но проблему единого двигателя она не решала. Вот почему в Германии, стремившейся любой ценой обеспечить себе господство в подводных вооружениях, велись обширные работы и в направлении создания единого двигателя.



Принципиальная схема дизеля, работающего по замкнутому циклу.

1 — гребной винт; 2 — разоблицительная муфта; 3 — гребной электродвигатель, 4 — редуктор, 5 — переключатель выхлопа на замкнутый цикл, 6 — невозвратный клапан, 7 — холодильник, 8 — фильтр отработавших газов, 9 — дизель; 10 — компрессор отработавших газов; 11 — смеситель; 12 — регулятор подачи кислорода, 13 — редуктор, понижающий давление кислорода; 14 — бортовой запас кислорода

Определенные надежды немцы связывали с дизельной установкой, работающей по замкнутому циклу и получившей название «крейслауф» (круговорот). Принцип работы такого двигателя основан на повторном использовании содержащихся в отработавших газах азота и избыточного кислорода. При работе двигателя по замкнутому циклу отработавшие газы не удаляются, а, очищенные от углекислоты и обогащенные кислородом, снова поступают в двигатель. В зависимости от нахождения лодки в надводном или подводном положении двигатель можно переключать с открытого цикла на замкнутый и наоборот. Основная сложность заключается в обеспечении строгой пропорции количества топлива и кислорода, подаваемых в двигатель, с учетом состава отработавших газов.

Первые опыты с подобными двигателями проводились в России и Германии в начале 20 в. В июле 1909 г.

капитан Корпуса корабельных инженеров Л. М. Мациевич<sup>1</sup> и упоминавшийся автор проекта подводного крейсера Б. М. Журавлев представили на конкурс, объявленный морским министерством, два проекта подводных лодок с дизелями, работавшими по замкнутому циклу<sup>2</sup>. Проекты были отклонены, как не подкрепленные испытаниями энергетических установок такого типа.

Значителен вклад в это направление корабельной энергетики мичмана М. Н. Никольского, который в 1912 г. разработал оригинальное приспособление для работы двигателей внутреннего сгорания по замкнутому циклу. Изобретатель предложил переоборудовать для работы по его схеме двигателя подводной лодки С. К. Джевецкого *Почтовый*, к тому времени исключенной из списков флота, утверждая при этом, что лодка сможет идти под водой в течение 20 ч под одним двигателем и в течение 10 ч под двумя. Председатель Морского технического комитета А. Н. Крылов, рассмотрев материалы, представленные Никольским, сделал заключение:

Предложение заслуживает самого серьезного внимания и обстоятельного исследования опытным путем...

Испытания двигателя с «кислородным приспособлением системы М. Н. Никольского» были начаты в апреле 1913 г. на Балтийском заводе. Двигатель проработал 85 ч и был положительно оценен комиссией, рекомендовавшей засекретить всю документацию, относящуюся к изобретению. Однако Главное управление кораблестроения, ссылаясь на неудачу подобных опытов в Германии, дало резко отрицательный отзыв, который утвердил морской министр. Никольского поддержал начальник балтийской бригады подводных лодок контр-адмирал П. П. Левицкий, который, протестуя против умозрительной оценки изобретения Главным управлением кораблестроения, обратился за содействием к А. Н. Крылову. В мае 1914 г. морской министр распорядился продолжить работы по единому двигателю для подводной лодки, но вскоре началась первая мировая война и мичман Никольский приступил к исполнению своих прямых обязанностей.

Следует заметить, что в то время целесообразность при-

---

<sup>1</sup> Мациевич Л. М. — один из пионеров русской авиации, автор нескольких проектов подводных лодок, а также проекта первого в мире авианосца. (*Примеч. науч. ред.*)

<sup>2</sup> ЦГА ВМФ, ф. 421, оп. 6, д. 113, л. 321.

менения на подводной лодке двигателя, работающего по замкнутому циклу, не являлась бесспорной. Основная трудность заключалась в размещении на подводном корабле запаса кислорода. Необходимое количество можно было разместить только в жидком состоянии, при котором кислород занимает примерно в пять раз меньший объем, чем при хранении в баллонах под давлением 150 кгс/см<sup>2</sup>. Сосуд для хранения жидкого кислорода намного легче, чем стальные толстостенные баллоны для хранения такого же количества кислорода под давлением. При размещении на подводной лодке кислородных баллонов их масса была бы не меньше, чем у эквивалентной по энергоемкости аккумуляторной батареи, но при этом площадь и объем, занимаемые баллонами, были бы намного большими. Однако жидкий кислород непрерывно испаряется, а способы, исключающие этот процесс, в рассматриваемый период времени не были разработаны.

Значительный вклад в создание подводных лодок с единым двигателем, работающим по замкнутому циклу, внесли советские ученые и конструкторы. В 1936 г. инженер-кораблестроитель (впоследствии профессор) С. А. Базилевский разработал энергетическую установку с единым двигателем РЕДО (регенеративный единый двигатель особого назначения), которым в 1938 г. была оснащена одна из подводных лодок типа *М*. До начала войны лодка закончила швартовные испытания и выполнила пробное погружение. В 1939 г. по проекту конструктора В. Л. Бжезинского началась постройка сверхмалой подводной лодки с единым двигателем, работающим по замкнутому циклу. А в ноябре того же года была заложена опытная подводная лодка конструктора А. С. Касацера с единым двигателем, идея которого принадлежала В. С. Дмитриевскому, погибшему во время стендовых испытаний двигателя. Накануне войны лодку спустили на воду и испытали на Каспийском море [9].

Немцы начали работы по созданию «крейслауф»-двигателя тоже в 30-х годах, но лишь в ходе второй мировой войны сумели его построить и испытать. В 1942 г. было принято решение оснастить одну из подводных лодок, построенных под ПГТУ, водоизмещением 308/340 т дизелем, работающим по замкнутому циклу, мощностью 1500 л. с. Из 65 т бортового запаса кислорода 25 т под давлением 400 кгс/см<sup>2</sup> было размещено в стальных баллонах, а 40 т в жидком состоянии в сосудах Дьюара.



Сосуд Дьюара в общем случае представляет собой емкость с двойными стенками, пространство между которыми вакуумируется, чем устраняется конвективный теплообмен, и заполняется фольгой для уменьшения радиационного нагрева. Классической моделью сосуда Дьюара является колба обычного термоса.

Лодка оказалась неудачной. При скорости подводного хода 16 уз суммарный расход топлива и кислорода составил внушительную цифру — 1340 г/(л. с. • ч), из которых 1100 г/(л. с. • ч) приходилось на кислород. В результате дальность плавания подводным ходом оказалась намного меньше предусмотренных проектом 1200 миль. Кроме того, для снижения чрезмерной шумности в подводном положении на лодке пришлось установить гребной электродвигатель и аккумуляторную батарею, что противоречило самой идее единого двигателя. Испытания затянулись и к окончанию войны не были завершены. Единственное, что немцы успели сделать в этой области, — оборудовать дизелем, работающим по замкнутому циклу, мощностью 60 л. с. одну из карликовых подводных лодок водоизмещением около 15 т.

В 30-х годах появились сообщения об едином двигателе для подводной лодки, сконструированном немецким инженером Рудольфом Эрреном. Предложенный им дизель при нахождении лодки в надводном положении должен был работать по обычной схеме, а в подводном — при перекрытом топливно-воздушном тракте на водороде и кислороде, подававшихся в цилиндры двигателя в соответствующей пропорции с добавлением водяного пара, служившего охлаждающим балластом. Смесь кислорода и пара подавалась во время всасывающего хода поршня, а водорода во время сжатия. Водяной пар, образующийся при сгорании водорода в кислороде, конденсировался. Конденсат накапливался в специальной емкости для дальнейшего использования в электролизере, разработанном соотечественником Эррена доктором Ноггеретом, позволявшем получать из воды кислород и водород в практически чистом виде. Таким образом, процесс являлся безотходным, так как никакие продукты, даже вода, за борт не отводились. Работа электролизера и зарядка баллонов кислородом и водородом осуществлялись при подаче электроэнергии от генератора с приводом от двигателя, работающего по обычной схеме, при нахождении лодки в надводном положении. Согласно иностранным источникам, двигателями Эррена были даже оснащены опытные подводные лодки, однако

немецкие трофейные документы эту версию не подтверждают. Не исключено, что сообщения о двигателе Эррена являлись отвлекающей информацией, предназначенной для зарубежных разведывательных служб.

## И СНОВА ДИЗЕЛЬ- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Скоростные дизель-электрические.  
Правда о «шнорхеле». Человеческая торпеда

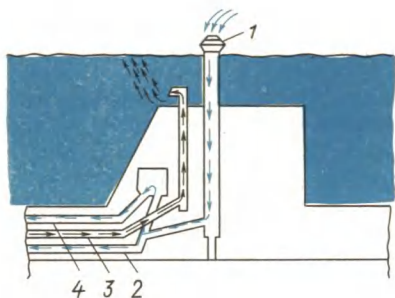
В ходе постройки и испытаний подводных лодок с ПГТУ руководство немецкого управления кораблестроения поняло, что для доведения их до необходимой надежности потребуется много времени. Поэтому в 1942 г. были срочно разработаны проекты, а с 1943 г. развернуто строительство двух типов дизель-электрических подводных лодок с улучшенными подводными тактико-техническими элементами. Однокорпусная лодка XXIII серии водоизмещением 232/256 т со скоростью 9,7/12,6 уз предназначалась для использования в прибрежной зоне, а двухкорпусная XXI серии водоизмещением 1628/1819 т со скоростью 15/17 уз — для действий в большом удалении от баз. Обращало на себя внимание превышение подводной скорости над надводной.

С целью улучшения подводных ходовых качеств при конструировании корпусов лодок использовались проектные проработки, выполнявшиеся в ходе создания подводных лодок с ПГТУ. Если до этого для обеспечения возможно большей скорости надводного хода корпуса лодок вытягивались в длину и у некоторых из них отношение длины корпуса к ширине достигало 20, то у новых немецких лодок примерно равнялось 10. Снижение сопротивления в подводном положении достигалось также заострением оконечностей, хорошо обтекаемыми обводами корпуса и ограждения рубки. Лодка XXIII серии не имела надстройки.

На лодках XXI и XXIII серий был внедрен ряд усовершенствований. Например, специальные гребные электродвигатели небольшой мощности, так называемые моторы подкрадывания, обеспечивали бесшумный ход, устройство «шнорхель» позволяло подводной лодке пла-

# Принципиальная схема РДП.

1 — автоматический поплавковый клапан;  
2 — воздух к дизелю; 3 — выхлопные газы  
от дизеля, 4 — воздух на вентиляцию



вать под дизелями на перископной глубине со скоростью 5—6 уз при волнении моря 3—4 балла, а также производить зарядку аккумуляторной бата-

реи без всплытия на поверхность.

Встречающееся в литературе утверждение, что «шнорхель» был изобретен и впервые применен в германском флоте, является ошибочным. Читатель помнит, что устройством с подобной функциональной схемой в 1904 г. была оснащена полуподводная лодка *Кета*, сконструированная лейтенантом С. А. Яновичем. С еще большей степенью совершенства принцип подобного устройства воплотил в конструкцию поручик Корпуса инженер-механиков флота Борис Евгеньевич Сальяр, в период службы во Владивостоке неоднократно бывавший на *Кете* и знакомый с ее конструкцией. Сальяр не только разработал устройство, позволявшее при нахождении лодки на перископной глубине использовать двигатель надводного хода, но изготовил его в мастерских транспорта *Ксения* и добился оборудования им подводной лодки *Фельдмаршал граф Шереметев*. В 1910 г. на сравнительных испытаниях подводных лодок *Фельдмаршал граф Шереметев* и *Скат* устройство Сальяра было проверено и получило положительную оценку. Командир *Ската* лейтенант Н. А. Гудим, будучи назначенным позже на Балтику командиром одной из первых русских дизель-электрических подводных лодок — *Акулы*, предложил оснастить ее устройством Сальяра [18]. Но началась первая мировая война, и частые походы *Акулы* не позволили Гудиму осуществить свое предложение, а осенью 1915 г. он погиб вместе с подводной лодкой. В том же 1915 г., когда начали вступать в строй подводные лодки типа *Барс*, на двух из них — *Волке* и *Леопарде* — командиры лейтенанты Мессер и Трофимов добились осуществления предложения Гудима. На этих лодках газоотводные коллекторы двигателей были подняты до уровня перископных тумб, а для подачи воз-



Подводная лодка XXI серии

духа к двигателям в носовой части рубки установлены телескопические трубы, соединяющиеся с воздухопроводом приточного вентилятора, нагнетающего воздух в дизельный отсек (подобное современному устройству РДП, от первых букв — работа дизеля под водой).

Особенно удачной оказалась немецкая крейсерская подводная лодка XXI серии. На ней с целью снижения сопротивления в подводном положении кроме вышеуказанных мероприятий шахты устройства «шнорхель», а также антенны связи и радиолокации были сделаны выдвижными, носовые горизонтальные рули — заваливающимися в специальные ниши надстройки, а зенитные автоматы, установленные в ограждении рубки, заключены в обтекаемые турели. Снижение запаса плавучести до 11 % позволило сократить время погружения лодки до 30—40 с. Одновременно с улучшением гидродинамических качеств была значительно увеличена энерговооруженность лодки в подводном положении, превышающая примерно в два раза таковую английских и американских лодок постройки тех лет. Мощная аккумуляторная батарея обеспечивала работу двух быстроходных гребных электродвигателей мощностью 2500 л. с. каждый с передачей на винт через зубчатый редуктор, снижающий обороты гребного вала до 330 об/мин.

Двое суток лодка XXI серии могла плавать под водой со скоростью 6 уз и 11 сут — со скоростью 4 уз. С учетом столь длительного нахождения в подводном положении серьезное внимание было обращено на улучшение условий обитаемости. В частности, лодка была оборудована системами кондиционирования воздуха и опреснения заборной воды. Весь экипаж в количестве 59 человек был обеспечен персональными койками, в то время как до этого на немецких подводных лодках число коек рассчитывалось только на личный состав, отдыхающий после вахты.

Но несмотря на достоинства подводных лодок ХХІ серии, давала себя знать поспешность, с которой они создавались. Только одна из 126 построенных лодок — *U-2511* — успела войти в состав флота и лишь 30 апреля 1945 г. — накануне капитуляции фашистской Германии — вышла из Бергена в боевой поход.

Все познается в сравнении. В связи с этим интересны попытки Японии, которая, как и ее союзница гитлеровская Германия, в своих агрессивных устремлениях отводила подводному флоту первостепенную роль, создать скоростные дизель-электрические подводные лодки. В глубокой тайне под шифром № 71 была разработана и в 1938 г. построена опытная скоростная подводная лодка водоизмещением около 280 т, с проектной скоростью 18/25 уз и дальностью плавания 3830(12,5)/33(7) миль, вооруженная тремя торпедными аппаратами. На испытаниях лодка развила скорость 13/20 уз, но работы по ее доводке продолжались.

В 1943 г., практически одновременно с созданием немецких лодок ХХІ и ХХІІІ серий, в Японии были разработаны проекты скоростных подводных лодок прибрежного действия типа *Ha-201* и для действий на океанских коммуникациях типа *H-201* с мощными аккумуляторными батареями и устройством РДП. Однако, если хорошие тактико-технические элементы немецкой подводной лодки ХХІ серии являлись результатом комплексного подхода к проектированию, при котором одновременно с увеличением энерговооруженности существенно улучшались гидродинамические качества лодки, то японские конструкторы задачу решали в основном только за счет увеличения энерговооруженности, оснастив лодку очень мощными электроэнергетическими установками. Скорость подводного хода была получена действительно большая, но за счет весьма посредственных других тактико-технических элементов, что видно из сравнения основных тактико-технических элементов немецкой подводной лодки ХХІ серии и японской типа *H-201*:

	<i>ХХІ серия</i>	<i>H-201</i>
Водоизмещение, т . . .	1628/1819	1291/1450
Мощность двигателей, л. с.	4000/5000	2750/5000
Скорость, уз . . .	15,5/17	15,8/19
Дальность плавания, мили	15 500(10)/365(5)	580(14)/135(8)
Глубина погружения (рабочая) м . . . . .	170	110



Подводная лодка типа *Кайриу*

Автономность, суток . . . . .	70	20
Вооружение:		
торпедное (число аппаратов, шт.) . . . . .	6	4
артиллерийское (число стволов — калибр, мм) . . . . .	4—20 (автоматы)	2—20 (автоматы)

С начала 30-х годов в Японии уделялось очень серьезное внимание созданию скоростных так называемых карликовых подводных лодок. Первые две опытные лодки с экипажем из двух человек, оснащенные электрической установкой, позволяющей развивать под водой скорость 24 уз, появились в 1934 г. Их предполагалось доставлять в район боя эскадры (в количестве 12 единиц) на борту специально оборудованного для этой цели авианосца *Шитозе* и спускать на воду в течение 17 мин. После успешных испытаний лодок в глубочайшей тайне Япония приступила с 1936 г. к серийному строительству скоростных карликовых подводных лодок, в целях секретности названных «корабль-цель типа А». Несколько из них были доставлены на больших подводных лодках в район военно-морской базы США Пирл-Харбор перед внезапным нападением на нее Японии в декабре 1941 г.

Из-за недостаточного радиуса действия этих лодок уже в ходе второй мировой войны в Японии были созданы новые карликовые подводные лодки типа *Корю*, строительство которых осуществлялось в 1944—1945 гг. Первые из них имели подводную скорость 24 уз, которую по мере роста водоизмещения модифицированных лодок пришлось снизить до 19, а позже — до 16 уз. Одновременно с лодками типа *Корю* в Японии строились подводные лодки еще меньшего водоизмещения типа *Кайриу*,

внешним видом напоминавшие торпеду с небольшой рубкой и побортно расположенными в ее районе стабилизаторами, в которые для управления лодкой по глубине были встроены рули. Представляют интерес основные тактико-технические элементы японских карликовых подводных лодок типов *Корю* и *Кайриу*:

	<i>Корю</i>	<i>Кайриу</i>
Водоизмещение, т . . . . .	60	19
Размерения, м:		
длина . . . . .	26	17,3
диаметр . . . . .	2	1,3
Скорость, уз . . . . .	8/16	7,5/10
Дальность плавания, мили . . . . .	1000 (8)/50 (2,5)	450 (5)/36 (3)
Глубина погружения, м . . . . .	100	150
Вооружение торпедное (число аппаратов, шт.) . . . . .	2	2 (или 600 кг взрывчатки)
Количество единиц, шт.:		
планируемое . . . . .	540	760
построено . . . . .	115	250

Обращает на себя внимание возможность одноразового использования лодок типа *Кайриу* при размещении в носовом отсеке взрывчатки. Лодка этого типа стала переходной от карликовой подводной лодки к пресловутой человеко-торпеде (*Кайтен*).

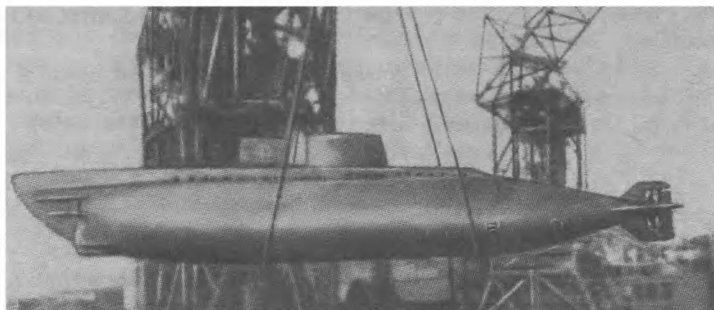
Быстроходные лодки типа *Кайтен* строились большой серией. Вооружение — 550 кг взрывчатки в носовом отсеке. Водоизмещение около 8 т, длина 15 м, диаметр корпуса 1 м. Лодка могла пройти со скоростью 30 уз — 13 миль, 20 уз — 24 мили и 12 уз — 42 мили. К месту боевого использования *Кайтены* доставляли специально оборудованные для этой цели надводные корабли и подводные лодки. После вывода лодки на цель водитель фиксировал рули управления и покидал ее через специальный люк в нижней части кабины. Однако впоследствии от подобного использования *Кайтенов* руководство ВМС Японии отказалось, превратив водителя в смертника, после чего лодки стали называть человеко-торпедами. Очевидно, такое варварское отношение к жизни моряков было запланировано еще на стадии создания *Кайтенов*, подтверждением чему является само название, в переводе с японского означающее — дорога в небо. Всего Япония построила около 700 человеко-торпед. Их использование являлось жестом отчаяния и не смогло спасти Страну восходящего солнца от сокрушительного разгрома.

Английские экспериментальные.  
Судьба X-1. На базе XXI серии.  
Что позволяют аккумуляторные  
батареи

В послевоенные годы перед подводным кораблестроением стояла задача создать лодки не только более мощные, но и способные противостоять интенсивно совершенствовавшимся средствам противолодочной обороны. Для обнаружения надводных кораблей и самолетов лодки стали оборудовать радиолокационными средствами, поскольку они, как и прежде, были вынуждены большее время находиться в надводном положении. Устройство РДП решало проблему только частично. Для его использования лодку нужно было удерживать на малой глубине, что представляло значительную трудность даже при сравнительно небольшом волнении моря. Кильватерный след за поплавковым клапаном РДП был хорошо замечен и демаскировал лодку, а работающие дизели делали ее «глухой», лишая возможности использовать гидроакустическую аппаратуру. Кроме того, при ходе под РДП скорость лодки ограничивалась 5—6 уз. Конечно, несмотря на все это, в условиях резкого усиления противолодочной обороны, РДП и другие усовершенствования, улучшавшие подводные качества лодок, сыграли важную роль, и если в период первой мировой войны время их нахождения в подводном положении по отношению ко всему ходовому времени составляло в среднем около 5 %, то к концу второй мировой войны оно достигало 15—20 %. Но этого было уже недостаточно.

Война еще не закончилась, а разведки США и Англии развернули настоящую охоту за технической документацией подводных лодок с ПГТУ, а также за специалистами, принимавшими участие в их проектировании и строительстве. Англичане обнаружили одну из затопленных в конце войны подводных лодок с ПГТУ — *U-1407* — и подняли ее. Корабль привела в Англию немецкая команда, которую предупредили о смертной каре в случае каких-либо диверсий. Туда же доставили и Вальтера. Подводная лодка, названная *Метеором*, была восстановлена и после модернизации в течение нескольких





Подводная лодка с ПГТУ U-1407

лет испытывалась по широкой программе. По результатам испытаний в 1956—1958 гг. были построены две экспериментальные подводные лодки с ПГТУ — *Эксплорер* и *Экскалибер*. Получив на испытаниях *Эксплорера* скорость подводного хода 25 уз, англичане, «забыв» о W-80, поторопились оповестить мир, что ими установлен мировой рекорд скорости под водой.

Надежды английского адмиралтейства не оправдались. В ходе испытаний экспериментальных подводных лодок выявились серьезные принципиальные недостатки. Одним из главных являлся огромный удельный расход раствора перекиси водорода, составляющий при работе ПГТУ на полной мощности 2400 г/(л. с. • ч). В результате стоимость одного ходового часа подводной лодки достигала 5000 фунтов стерлингов, что по курсу тех лет было эквивалентно 12,5 кг золота. В дальнейшем обе лодки использовались для исследования управляемости при больших скоростях.

Не остались безразличными к подводным лодкам с энергетическими установками, использующими бортовой запас окислителя, и США. Работы велись с размахом при широком использовании трофейной технической документации и опыта немецких специалистов. Особое внимание уделялось подводной лодке с единым двигателем, работающим по замкнутому циклу, на базе немецкой установки, одну из которых вывезли в США и всесторонне испытали. Построенной в 1951 г. установке присвоили шифр «Эллис». В процессе ее испытаний возникло много осложнений и трудностей, аналогичных тем, с которыми в свое время столкнулись немцы. В 1952 г. американских конструкторов переориентировали на ди-

зельную установку, работающую по замкнутому циклу, но с применением в качестве окислителя не кислорода, а перекиси водорода. Одновременно под эту установку проектировалась сверхмалая подводная лодка водоизмещением 25/29 т, получившая шифр Х-1. Двигатель мощностью 30 л. с. должен был обеспечивать скорость 15/12 уз. И здесь не обошлось без ряда трудностей, главной из которых являлся отвод продуктов сгорания за борт на глубине. Значительную сложность, с которой в свое время столкнулись и немцы, представляло обеспечение взрыво- и пожаробезопасности высококонцентрированного раствора перекиси водорода. В 1958 г. на лодке произошел взрыв, в результате которого она получила серьезные повреждения, после чего работы в этом направлении были прекращены.

С подобными энергетическими установками связывали надежды кораблестроители Швеции, где была доведена до эксплуатационной готовности дизельная установка мощности 1500 л. с., работающая по замкнутому циклу с использованием в качестве окислителя жидкого кислорода. Однако принятое решение о переоборудовании под эту установку шести подводных лодок не было реализовано.

Отметим, что за рубежом до настоящего времени проявляют интерес к использованию в подводном кораблестроении дизелей, работающих по замкнутому циклу, особенно для малых подводных лодок. Так, в Италии в 1980 г. была заложена подводная лодка *Феникс* водоизмещением около 36 т с глубиной погружения 350 м, оснащенная единым двигателем (дизелем) мощностью 85 кВт<sup>1</sup>, обеспечивающим скорость 7,5/12 уз. Проявляют интерес к таким двигателям и в Англии.

Достижению более высоких скоростей препятствовал непрекращающийся рост водоизмещения подводных лодок. Если в 1905 — 1910 гг. водоизмещение самых больших лодок не превышало 400 т, то в 1920 г. оно уже было около 2000 т, в 1938 г. — около 3200 т, а в 1945 г. — около 3500 т. Предъявление все более жестких требований к тактико-техническим элементам, а также появление новых более совершенных видов оружия и технических средств определяли дальнейший рост водоизмещения. Совершенствование сил противолодочной обороны

---

<sup>1</sup> Здесь и далее единицы измерения даны в Международной системе единиц (СИ).

вынуждало увеличивать глубину погружения подводных лодок, что влекло за собой утолщение обшивки прочного корпуса и усиление его набора, а в конечном счете рост водоизмещения. В значительной степени рост водоизмещения объяснялся и повышенными требованиями к ударостойкости. В ходе войны было установлено, что при взрывах мин, торпед, глубинных и авиационных бомб рядом с лодкой даже без повреждения корпуса от сотрясения выходили из строя механизмы, системы, устройства, приборы и лодка теряла боеспособность. В немалой степени росту водоизмещения способствовала постоянно возрастающая насыщенность лодок радиоэлектронной техникой. Например, в США только за первые 15 послевоенных лет усиление радиоэлектронных средств на подводных лодках привело к возрастанию площадей под них в 4,5 и объемов в 3,5 раза.

В послевоенные годы за рубежом и особенно в США постоянно улучшались подводные тактико-технические элементы лодок. Это объяснялось слабой противолодочной обороной Японии, из-за которой на Тихом океане подводные силы США имели минимальные потери и действовали успешно, в то время как потери Японии от подводных лодок составили 4,9 млн. т или 63 % общих потерь тоннажа коммерческого флота. В такой обстановке для США не было никакой необходимости менять конструкцию лодок [7]. Их водоизмещение составляло 1400/2000 т, скорость 20/8 уз и дальность плавания 12 000/80 (5) миль. Лодки были оснащены новейшей локационной аппаратурой, позволявшей своевременно обнаруживать корабли и суда противника. К окончанию войны таких лодок в США насчитывалось около 200 единиц и они составляли ядро подводного флота.

После войны морское министерство США решило модернизировать эти лодки (программа «Гаппи») с основной целью улучшить подводные тактико-технические элементы и довести их до уровня немецких подводных лодок XXI серии. Была изменена форма корпуса. Лодки оборудовали РДП. На них установили более мощные гребные электродвигатели и аккумуляторные батареи повышенной емкости. Определенный результат был достигнут. Так, скорость подводного хода возросла с 8 до 14 уз, существенно увеличилась дальность плавания в подводном положении. Но несмотря на это, модернизированные лодки практически по всем основным тактико-техническим данным уступали лодкам XXI серии.



Подводная лодка типа *Тэнг*

Не получив от реализации программы «Гаппи» ожидаемых результатов, морское министерство США в 1949 г. приняло решение (опять же на конструкторской базе подводной лодки XXI серии) создать новую дизель-электрическую лодку типа *Тэнг*. В обеспечение высоких подводных качеств в проекте были реализованы конструктивные мероприятия по снижению массы и улучшению формы корпуса. В частности, лодку оснастили малогабаритными легкими дизелями с удельной массой 1,8 кг/л. с., в то время как у лодочных дизелей США периода войны этот показатель составлял около 15 кг/л. с. С 1951 г. подводные лодки типа *Тэнг* начали входить в строй. Их водоизмещение 2050/2700 т, скорость 15,5/16 уз, вооружение восемь торпедных аппаратов.

Позднее немецкую подводную лодку XXI серии в качестве прототипа использовали и в других странах. В Англии на ее конструкторской базе были построены подводные лодки типа *Пернойс*, во Франции — типа *Нарвал*, в Швеции — типа *Хаген*.

Основным препятствием к достижению более высоких скоростей подводного хода продолжала оставаться очень большая удельная масса электроэнергетической установки и особенно ее аккумуляторной части, несмотря на то, что аккумуляторные батареи постоянно совершенствовались и к 1960 г. по удельной емкости (Вт · ч/кг) превосходили батареи периода войны на 30 %. Определенные надежды связывались с серебряно-цинковыми аккумуляторами, которые по сравнению со свинцово-кислотными обладали гораздо большей удельной емкостью и меньшими габаритами. Кроме того, серебряно-цинковые аккумуляторы позволяли получать большие токи при кратковременных режимах разрядки, постоянное до конца разряда напряжение и малую скорость саморазряда. Их достоинством являлось и то, что они не полностью заливались электролитом, что упрощало управление подводной лодкой, так как исключалось выплески-

вание электролита при кренах и дифференцах. В свинцово-кислотном аккумуляторе уровень электролита не допускает наклон элементов более  $45-50^\circ$ , а серебряно-цинковый может нормально работать в любом горизонтальном и вертикальном положении, поскольку электролит не выливается из-за его малого количества и герметичной пробки, установленной в корпусе элемента [1].

Однако на пути внедрения серебряно-цинковых аккумуляторов стояли существенные препятствия, что видно из сравнения их технико-экономических характеристик с таковыми свинцово-кислотных:

	Свинцово-кислотные	Серебряно-цинковые
Удельная емкость:		
массовая, Вт · ч/кг . . . . .	Около 40	100—120
объемная, Вт · ч/дм <sup>3</sup> . . . . .	100—120	Около 210
Срок службы (количество циклов разрядки) . . . . .	100—200	100—150
Стоимость (в ценах 1960 г.), дол./ (кВт · ч) . . . . .	90—100	650—900

Основными недостатками серебряно-цинковых аккумуляторов являются их меньший срок службы и высокая стоимость. Так, на изготовление серебряно-цинковых батарей для подводной лодки США *Барракуда* пришлось израсходовать 14,5 т серебра. Стоимость составила 2250 тыс. дол., то есть примерно в 10 раз превысила таковую обычных лодочных свинцово-кислотных батарей аналогичной мощности. Кроме того, при всех массогабаритных достоинствах, задачу кардинального облегчения электроэнергетической установки подводной лодки серебряно-цинковые аккумуляторы не решили.

## В НОВОМ КАЧЕСТВЕ

## НА АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

О. Ган — Э. Ферми — Р. Ганн.  
Первая атомная. Металл в качестве  
теплоносителя

В декабре 1938 г., когда весь мир с тревогой взирал на агрессивные устремления фашизма, немецкие ученые-физики О. Ган и Ф. Штрасман открыли деление ядер урана в результате бомбардировки их нейтронами, а в начале 1939 г. австрийский физик Л. Майтнер дала правильную интерпретацию опытам Гана и Штрасмана, впервые ввела для этого понятие «деление ядра».

Об истории атомной энергетики написано много, поэтому не будем повторяться. Напомним только, что под руководством эмигрировавшего в США выдающегося итальянского физика Энрико Ферми 2 декабря 1942 г. впервые была осуществлена управляемая цепная реакция деления ядер урана. Это факт общеизвестный в отличие от некоторых событий, ему предшествовавших...

Еще 17 марта 1939 г. Ферми был приглашен в Вашингтон и на совещании, в котором участвовали ученые и офицеры ВМС США, подробно рассказал о тех возможностях, которые открывает для энергетики управляемая реакция ядерного распада. На совещании присутствовал человек, который сразу ухватился за эту идею применительно к подводному кораблестроению. Им был физик научно-исследовательской лаборатории ВМС США доктор Р. Ганн. В течение считанных дней, последовавших за информацией Ферми, Ганн при поддержке руководства Морского инженерного управления (ныне Управление кораблестроения) предпринял попытку получить средства для развертывания работ по созданию атомной энергетической установки (АЭУ) для подводной лодки, но потерпел неудачу. Большинство научных

авторитетов армии и флота не разделяло мнение о необходимости работ в области корабельной ядерной энергетики и считало, что все усилия науки и экономики США следует сосредоточить исключительно на создании атомной бомбы. Не помог и доклад, врученный 1 ноября 1939 г. президенту Ф. Рузвельту, в котором, в частности, говорилось:

...При расщеплении атомов урана выделяется огромное количество тепла. Если управлять цепной реакцией таким образом, что она будет развиваться постепенно, ее, очевидно, можно использовать как постоянный источник энергии для подводных лодок, что позволит обходиться без больших аккумуляторных батарей [16].

Только в ноябре 1944 г. представители ВМС США сумели убедить комитет, созданный для разработки рекомендаций по послевоенному развитию атомной энергии, в необходимости создания атомных подводных лодок (ПЛА). В декабре 1945 г. была разработана обширная программа строительства ПЛА, предложения по реализации которой в апреле 1946 г. Научно-исследовательская лаборатория ВМС США представила Управлению кораблестроения. Рекомендовалось, в частности, сосредоточить усилия на создании корабельных ядерных реакторов двух типов: на медленных и промежуточных нейтронах, применив в качестве теплоносителя воду и жидкий металл.

В основе работы АЭУ лежит превращение ядерной энергии в механическую путем использования атомного реактора как источника тепла, за счет которого вода превращается в пар. Таким образом, уместна аналогия между реактором и паровым котлом паросиловой установки, но с той разницей, что пар в котле генерируется в результате сжигания органического топлива, а в АЭУ — за счет тепла, выделяющегося при делении ядерного горючего в реакторе. Принципиальное преимущество АЭУ вытекает из огромной концентрации ядерной энергии в веществе по сравнению с концентрацией химической энергии в органическом топливе. Так, если при сгорании одного килограмма дизельного топлива выделяется около 42 МДж теплоты, то такое же количество ядерного горючего дает теплоты в два миллиона раз больше. При этом (что особенно важно) АЭУ не нуждается в подводе атмосферного воздуха или другого окислителя, без которых не может обойтись ни один тепловой двигатель, работающий на органическом топливе.

АЭУ состоит из двух контуров. Вода первого контура,



ПЛА *Наутилус*

нагретая в активной зоне реактора, поступает в парогенераторы, где отдает теплоту воде второго контура, превращая ее в пар, поступающий в паротурбинную часть, мало чем отличающуюся от применяемых в обычных корабельных паросиловых установках. Таким образом, в АЭУ рассматриваемого типа теплоносителем является вода, а рабочим телом водяной пар.

Работы по созданию ПЛА велись ускоренными темпами. В 1948 г. был закончен проект АЭУ и заключен контракт на проектирование и строительство опытного реактора, а в августе 1949 г. утверждены тактико-технические данные первой ПЛА, которая была заложена в июне 1952 г. на верфи в Гротоне и названа *Наутилусом*. 21 января 1954 г. в присутствии президента США Эйзенхауэра *Наутилус* был спущен на воду, а 18 января 1955 г. вышел на испытания и командир передал в эфир открытым текстом «Идем под атомным двигателем».

При водоизмещении *Наутилуса* 3764/4040 т двухвальная АЭУ суммарной мощностью 9860 кВт обеспечивала скорость 20/23 уз. Дальность плавания в подводном положении составляла 25 тыс. миль при расходе 450 г  $^{235}\text{U}$  в месяц. Таким образом, продолжительность плавания практически зависела только от исправной работы средств регенерации воздуха, запасов продуктов жизнедеятельности экипажа и выносливости личного состава.

Опыт создания первой ПЛА выявил много вопросов. Удельная масса АЭУ была очень велика — около 80 кг/кВт, из-за этого на *Наутилусе* не удалось установить часть предусмотренного проектом вооружения и оборудования. Низкие удельные массовые показатели АЭУ



объясняются конструктивной спецификой ее паропроизводительной части, масса которой на *Наутилусе* составляла около 85 % массы всей АЭУ.

Основной причиной утяжеления установки является биологическая защита, в состав которой входят свинец, сталь и другие материалы. В связи с этим возникает и другая сложность. Столь большую массу (около 740 т), сосредоточенную в одном отсеке, очень трудно согласовать с геометрией и массой подводной лодки в целом, которая после укомплектования всеми штатными грузами не должна иметь крена и дифферента.

В 1957 г. в США была построена вторая ПЛА *Сивулф* водоизмещением 3765/4200 т, реактор которой работал на промежуточных нейтронах, а в качестве теплоносителя применен жидкий натрий — металл с очень низкой температурой плавления. Расплавленный натрий циркулировал в первом контуре АЭУ, что позволяло при относительно небольшом давлении в контуре — порядка 600 кПа — резко поднять температуру в нем и за счет этого значительно увеличить параметры пара во втором контуре, повысив удельную мощность АЭУ при одновременном снижении ее удельной массы. Турбины *Сивулфа* работали на перегретом паре давлением 4000—4800 кПа с температурой 410—442°C. Для сравнения укажем, что к турбинам *Наутилуса* подводился насыщенный пар с давлением 1500—2500 кПа и температурой 200—250°C.

Управление кораблестроения США рассчитывало, что проектирование, строительство и эксплуатация двух первых лодок с разнотипными АЭУ позволит сравнить установки и выбрать оптимальный вариант. Но сравнение не удалось. Расплавленный натрий, как и другие щелочные металлы, химически агрессивен. В результате трубопроводы первого контура АЭУ *Сивулфа* быстро корродировали вплоть до появления свищей. Утечка натрия из первого контура и его высокая радиоактивность вынудили вначале отключить систему перегрева пара, что привело к снижению мощности установки до 80 %, а позже и вообще отказаться от применения на подводных лодках АЭУ с жидкометаллическим теплоносителем. В 1959 г. *Сивулф* вывели из состава флота и переоборудовали под АЭУ, аналогичную установленной на *Наутилусе*.

АЭУ произвела революцию в подводном плавании, открыв широкую перспективу существенного улучшения тактико-технических элементов подводных лодок. Уже

первые ПЛА около 80 % ходового времени находились в подводном положении, а на отдельных переходах — до 98 % [5]. Атомная установка позволила значительно увеличить энерговооруженность лодок. Даже на *Наутилусе* с далекой от совершенства АЭУ энерговооруженность в подводном положении составила 2,9 кВт/т, в то время как на дизель-электрических подводных лодках США той поры она не превышала 1,6 кВт/т.

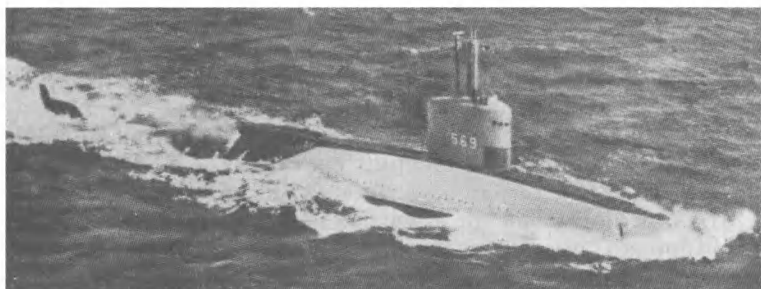
Конечно, низкие удельные массовые показатели АЭУ являлись существенным тормозом к их внедрению в подводное кораблестроение. Правда, по мнению американских специалистов, следовало ожидать существенного уменьшения удельной массы АЭУ по мере их совершенствования. При этом указывалось, что для АЭУ мощностью 33 тыс. кВт удельная масса может составить 15—19 кг/кВт, что позволит разместить установку в три с лишним раза более мощную, чем на *Наутилусе*, в энергетических отсеках, по габаритам не превышающих такие же первой ПЛА. Но, как показало будущее, все оказалось намного сложнее.

Однако сам факт создания АЭУ для подводных лодок был впечатляющим. Единый двигатель для надводного и подводного хода лодки стал реальностью.

## НЕ МОЩНОСТЬЮ ЕДИНОЙ

Модели. Эксперименты. Альбакор.  
Модернизации

При создании ПЛА пришлось в принципе изменить подход к выбору формы и размеров корпуса, которые для дизель-электрических подводных лодок определялись исходя из режима плавания в надводном положении. Для ПЛА, практически постоянно находящейся под водой, режим надводного хода является эпизодическим, и, следовательно, при ее создании необходимо стремиться к максимально возможному снижению сопротивления лодки в подводном положении. Несмотря на определенные успехи в снижении подводного сопротивления дизель-электрических лодок постройки середины 40 — начала 50-х годов, форма их корпуса и размеры для ПЛА не годились. Требовались более радикальные меры, так как речь шла о подводных скоростях порядка 30 и более



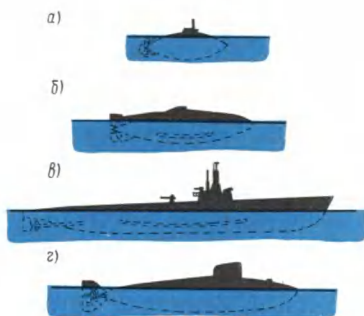
Подводная лодка *Альбакор*

узлов, при которых сопротивление воды будет «съедать» значительно большую долю мощности энергетической установки, чем на дизель-электрических лодках со скоростью подводного хода 10—15 уз. А возрастание мощности на каждую 1000 кВт с учетом низких удельных массовых показателей АЭУ сопровождалось увеличением массы установки примерно на 80 т.

Для исследования различных вопросов атомного подводного кораблестроения и, в первую очередь, возможностей кардинального улучшения гидродинамических качеств ПЛА в США была создана экспериментальная дизель-электрическая подводная лодка *Альбакор*. В аэродинамической трубе были испытаны более 25 моделей, после чего построили модель «образцовой» подводной лодки в одну пятую натуральной величины, испытания которой провели по широкой программе. Затем был разработан проект подводной лодки водоизмещением 1350/1847 т с проектной скоростью 25/30 уз. В конце 1953 г. лодка вступила в строй.

Выполненный в виде тела вращения укороченный корпус *Альбакора* обращал на себя внимание отсутствием выступающих частей, за исключением небольшой рубки. Все поперечные сечения средней части корпуса были сделаны по возможности круглыми. Носовая и особенно кормовая оконечности имели заостренную форму. Для снижения сопротивления трения наружная обшивка корпуса была отполирована. Обводы *Альбакора* широко разрекламировали как принципиально новое в подводном кораблестроении архитектурное решение. Но при этом забыли, что о форме тела, имеющего наименьшее сопротивление при движении в жидкости или газе, было известно еще в прошлом столетии. В частности, аналогич-

Эволюция корпуса подводной лодки: а — подводная лодка Джевецкого (1884); б — «ныряющая» подводная лодка Голланд (1901); в — «ныряющая» подводная лодка Корсер (1940); г — подводная лодка Альбакор



ную форму использовали в дирижаблестроении. А еще раньше в 80—90-е годы 19 в. ряд изобретателей, в том числе и русских, применяли для подводных лодок, как

правило, сигарообразную форму корпуса при малом отношении длины к ширине. Лишь в начале 20 в., когда получили развитие так называемые ныряющие подводные лодки, для обеспечения возможно большей скорости и лучших мореходных качеств в надводном положении их корпусам стали придавать обводы, по форме и отношению длины к ширине сходные с обводами надводных кораблей.

Еще на стадии создания *Альбакора* принятые на нем отдельные конструктивные решения внедрялись на дизель-электрических подводных лодках США. Так, вошедшие в состав флота в 1952 — 1953 гг. ранее упоминавшиеся подводные лодки типа *Барракуда* имели «короткий» корпус, а последние серийные дизель-электрические подводные лодки США типа *Барбел*, вступившие в строй в 1959 г. и имевшие скорость 15/25 уз, практически копировали форму корпуса *Альбакора*. Опережая события, заметим, что с той поры и до настоящего времени практически у всех вновь создаваемых зарубежных подводных лодок, вне зависимости от типа энергетической установки, скорость подводного хода превышает надводную. Совершенствование средств обнаружения и противолодочного оружия лишило подводные корабли возможности эффективно действовать в надводном положении.

С передачей флоту исследовательское назначение *Альбакора* не изменилось. На нем отрабатывали способы управления скоростными подводными лодками, различные системы и устройства и многое другое.

Маневренные качества подводных лодок на всех стадиях их развития рассматривались как первостепенный

тактический элемент. Маневрирование подводной лодки по глубине осуществляется с помощью горизонтальных рулей, а по курсу — вертикального руля. С увеличением скорости подводного хода возникает необходимость особо точного управления лодкой по глубине, чтобы исключить ее провал на недопустимую глубину. Такие примеры были даже в ту пору, когда скорость подводных лодок не превышала 8—10 уз.

При высоких скоростях подводного хода нецелесообразно и даже опасно использовать носовые горизонтальные рули для погружения или всплытия, поскольку быстрее и надежнее дифферент может быть создан кормовыми горизонтальными рулями. На *Альбакоре* управление кормовыми рулями осуществлялось с помощью высокочувствительного устройства самолетного типа, позволявшего одному рулевому управлять движением лодки одновременно по глубине и курсу. Подобное заимствование закономерно. Ведь принципы управления движения подводной лодки и самолета имеют много общего.

За 10 лет опытной эксплуатации *Альбакор* был несколько раз модернизирован. Объектом одной из модернизаций было кормовое оперение лодки, которое создавало большое сопротивление при подводном ходе. Повышение сопротивления являлось следствием того, что при одном гребном винте в сочетании с чрезвычайно заостренной кормовой оконечностью кормовые горизонтальные рули потребовалось выполнить такой формы, которая не нарушала бы общих условий обтекания. В результате площадь кормового оперения резко возросла и его сопротивление в несколько раз превысило таковое обычных подводных лодок. При модернизации сопротивление кормового оперения уменьшили, и оно было принято в качестве образцового для ПЛА США.

Наиболее серьезную модернизацию *Альбакор* прошел в 1963—1964 гг., в связи с тем что не смог подтвердить проектную скорость подводного хода. На лодке были заменены гребной электродвигатель (на более мощный — 11 тыс. кВт) и свинцово-кислотная аккумуляторная батарея (на серебряно-цинковую). Кроме того, обычный гребной винт был заменен на соосные винты противоположного вращения, что повлекло за собой реконструкцию линии вала и всей кормовой оконечности корабля.

По сравнению с обычными соосные гребные винты противоположного вращения имеют более высокий КПД.

Поскольку лопасти винта имеют винтообразную поверхность, при его вращении вода не только отбрасывается назад, но и закручивается в сторону вращения лопастей. Между тем задача движителя — только отбрасывать воду, создавая реактивный импульс — силу тяги. На закручивание потока затрачивается значительная доля мощности, подводимой к винту от двигателя. Соосные гребные винты противоположного вращения имеют более высокий КПД в основном за счет того, что при их работе часть мощности, теряемой на закручивание потока, как бы восстанавливается при его раскручивании вторым винтом, в результате чего возникает дополнительный упор.

Переход от обычных гребных винтов к соосным противоположного вращения позволяет увеличить примерно на 10 % пропульсивный коэффициент корабля, на который КПД гребного винта влияет решающим образом<sup>1</sup>. Позднее будет рассказано еще об одном серьезном достоинстве гребных винтов этого типа. Возможно, замена гребного винта имела решающее влияние на то обстоятельство, что после модернизации *Альбакор* подтвердил проектную скорость.

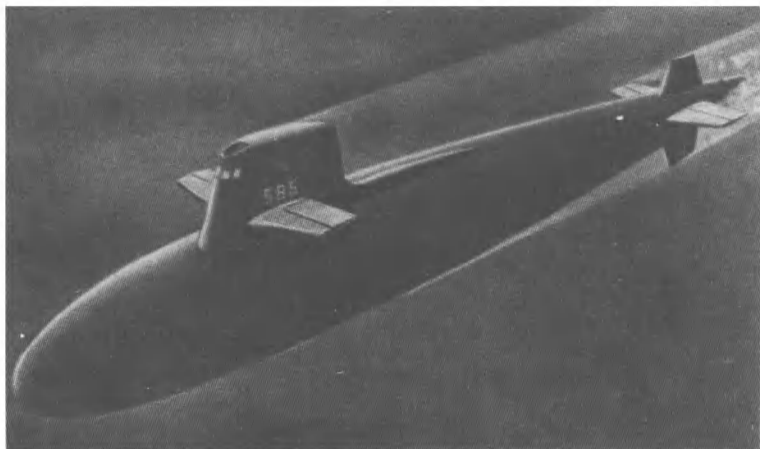
## НОВЫЕ КОРАБЛИ — НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Серийные атомные. Противолодочные — многоцелевые — ракетные.  
Уроки *Трешера*. Нововведения

Первые ПЛА не только продемонстрировали свои тактические достоинства, но и выдвинули ряд проблем. Так, их водоизмещение возросло примерно в два раза, а стоимость почти в двадцать раз в сравнении с дизель-электрическими подводными лодками США периода второй мировой войны. Столь внушительный рост стоимости был вызван не только атомной энергетикой, но и насыщением лодок сложным оборудованием и устройствами. В попытке создать менее крупный и более дешевый корабль в США был разработан проект ПЛА типа *Скейт* водоизмещением 2310/2861 т с АЭУ мощностью 4860 кВт, то есть при-

---

<sup>1</sup> Красная звезда, 1971, 14 июля.



ПЛА *Скипджек*

мерно на 50 % меньшей, чем у *Наутилуса*. На лодках этого типа существенно ухудшились тактико-технические элементы, например скорость полного хода, которая по сравнению с *Наутилусом* уменьшилась почти на 20 %. Но несмотря на это, руководство ВМС США сочло ПЛА (даже в таком варианте) достаточно эффективными, и после последней (4-й) лодки типа *Скейт* в 1959 г. в США было прекращено строительство дизель-электрических подводных лодок.

Шесть атомных лодок типа *Скипджек*, построенные США в 1959—1961 гг., объединили в себе результаты исследований в области корабельной атомной энергетики и гидродинамики. При водоизмещении 3075/3513 т отношение длины корпуса к ширине у этих лодок составляло около восьми, а площадь относительной смоченной поверхности корпуса по сравнению с *Наутилусом* уменьшилась примерно на 18 %, из которых 12 приходилось на уменьшение отношения длины корпуса к ширине, а 6 % на совершенствование формы корпуса. Были сведены до минимума выступающие части и проникаемые объемы корпуса. Одновальная АЭУ мощностью 11 тыс. кВт обеспечивала скорость более 30 уз.

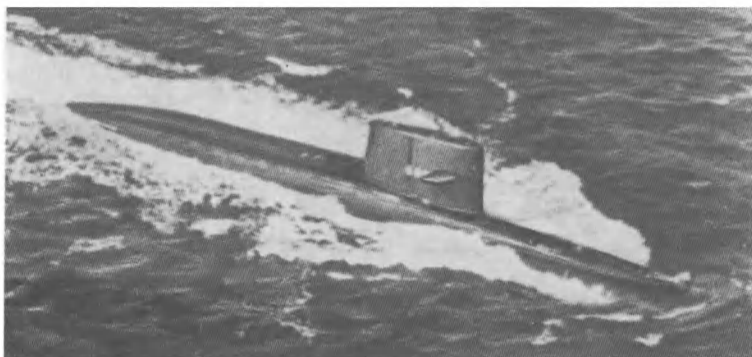
*Скипджек* разительно отличался от подводных лодок недавнего прошлого. На нем не было надстройки и верхней палубы, горизонтальные рули размещались на рубке. Начиная со *Скипджека* рубочные горизонтальные рули

получили распространение на большинстве зарубежных ПЛА, заменив классические носовые горизонтальные рули, габариты которых для скоростной подводной лодки большого водоизмещения очень велики. Специалисты США считают, что при почти равном сопротивлении рубочные рули могут иметь площадь на 75 % большую, чем обычные горизонтальные. Вследствие этого их подъемная сила увеличивается на 85 %, момент на рулях — на 20 %. Преимуществом рубочных рулей является также их удаление (как источника шума на ходу) от приемных антенн гидроакустических станций, размещаемых, как правило, в носовой части подводной лодки.

Известно, что еще в конце первой мировой войны в Англии строились подводные истребители типа *R*, предназначенные для уничтожения подводных лодок противника. Позже развитие противолодочных подводных лодок затормозилось, так как военно-морские авторитеты считали, что для этой цели гораздо эффективнее применять надводные корабли, а подводные лодки не смогут вести между собой поединки, поскольку «не видят друг друга». Вторая мировая война подтвердила подобные взгляды. Правда, в феврале 1945 г. произошла подводная дуэль. Английская подводная лодка *Венчурер*, обнаружив немецкую *U-864*, в течение двух часов ее преследовала, а затем с дистанции около одной мили четырехторпедным залпом уничтожила [21]. Но это был уникальный случай. Как правило, боевые столкновения под водой заканчивались безрезультатно из-за несовершенства средств гидроакустики и отсутствия специальных противолодочных торпед.

После второй мировой войны к идее противолодочной подводной лодки вернулись снова. В 1952 г. в состав ВМС США вошли три такие корабля — упоминавшиеся ранее подводные лодки типа *Барракуда*. Однако на испытаниях выявилась их ограниченная возможность действовать в удаленных районах, и лодки признали негодными для решения поставленных задач. Тогда же командование ВМС США приняло решение переоборудовать под противолодочные несколько подводных лодок типа *Гэтоу*, но и они оказались неудачными. После этого в США отказались от создания специальных противолодочных подводных лодок и сочли целесообразным строить подводные лодки с торпедным вооружением, предназначенные для действий как против надводных кораблей, так





ПЛА *Джордж Вашингтон*

и против подводных лодок противника. Аналогичным результатом закончились попытки создать в начале 50-х годов противолодочные подводные лодки во Франции и в Англии, где для этих целей были переоборудованы лодки типа *T*.

Широко развернув строительство ПЛА, США одной из главных для них задач ставили борьбу с подводными лодками всех типов по принципу: «Топи все лодки!». Американский адмирал И. Гэлантин заявлял:

Как надводный корабль борется с надводным кораблем, самолет с самолетом, так и атомная подводная лодка станет наиболее эффективным оружием в борьбе с подводными лодками<sup>1</sup>.

ПЛА, подобные *Скипджеку*, открыли возможность использования подводных лодок в качестве противолодочных кораблей, в связи с чем их стали называть многоцелевыми.

Большие возможности ПЛА в США связывали с использованием их в качестве ракетносцев. По мнению специалистов ВМС США, главное преимущество ПЛА как носителей ракетного оружия заключается в их скрытности, мобильности и рассредоточенности вне территории США [17].

Проектирование первой ракетной ПЛА *Джордж Вашингтон* водоизмещением 6019/6888 т велось на конструктивной базе лодок типа *Скипжек*. Для того чтобы разместить 16 баллистических ракет, приборы управле-

---

<sup>1</sup> Костев Г. Битва под водой. — Морской сборник, 1973. № 3, с. 37

ния ракетной стрельбой, другое оборудование, а также дополнительно 40 членов экипажа, подводную лодку типа *Скипджек* как бы разрезали и добавили цилиндрическую вставку того же диаметра длиной 39 м. Потребовалось перекомпоновать помещения корабля и оборудование. Без изменений практически остались только отсеки, в которых размещалась АЭУ. В 1959 г. корабль вошел в строй. Строительство атомных подводных ракетоносцев велось ускоренными темпами. В отдельные годы вступало в строй до 13 единиц.

В 1967 г. США заложили 67-ю по счету многоцелевую ПЛА *Джек* водоизмещением 3750/4155 т, которая строилась шесть лет. Столь длительный срок постройки специалисты объясняли сложностью решаемых на *Джеке* вопросов. Лодка оснащалась принципиально новым движительным комплексом, в состав которого входили соосные винты противоположного вращения с приводом от безредукторных паровых турбин с двойными роторами, также вращавшимися в разные стороны. Конечно, для внедрения серьезных нововведений требуется значительное время, но затянувшаяся постройка *Джека* объяснялась не только этим.

В 1963 г. 9 апреля мир облетело известие — в Атлантическом океане во время глубоководного погружения погибла с экипажем 129 человек широко разрекламированная новейшая многоцелевая ПЛА США *Трешер* водоизмещением 3860/4300 т. Не вдаваясь в рассмотрение причин катастрофы *Трешера*, о чем написано достаточно много, укажем только, что отношение к подводным лодкам этого типа было пересмотрено, и если первоначально предполагалось построить 25 единиц, то после гибели *Трешера* их число было сокращено до 13 при одновременном уменьшении рабочей глубины погружения. Кроме того, специалисты обстоятельно исследовали вопросы проектирования, строительства, испытаний и эксплуатации ПЛА, после чего была разработана программа мероприятий по повышению их надежности и живучести. *Джек* одним из первых был предназначен для реализации этих мероприятий, что и явилось основной причиной его затянувшегося строительства.

Вернемся к соосным винтам, которыми был оснащен *Джек*. Известно, что по сравнению с обычными гребными винтами они позволяют существенно увеличить пропульсивный коэффициент подводной лодки, но скорость *Джека* по сравнению с атомными лодками аналогичного

водоизмещения и АЭУ сопоставимой мощности не возросла. Даже если предположить, что максимальное число оборотов соосных винтов в четыре раза больше, чем у обычного винта, то число оборотов безредукторной (прямодействующей) паровой турбины должно быть примерно в десять раз меньше, чем у турбины с редуктором, а это влечет за собой увеличение массы и размеров турбины, особенно ее длины. Турбинный отсек *Джека* по сравнению с таковым атомных лодок, оснащенных редукторными турбоагрегатами сопоставимой мощности, удлинился почти на 3 м. Кроме того, примерно на 2 м пришлось удлинить и гребной вал. Все это в сочетании с реализованными на лодке мероприятиями по повышению надежности, рекомендованными после гибели *Трешера*, повлекло за собой увеличение водоизмещения лодки до 4100/4500 т. Возрастание подводного водоизмещения лодки почти на 8 % «съело» пропульсивные достоинства соосных гребных винтов. В этой связи зарубежные специалисты усматривают причину оснащения *Джека* сложным пропульсивным комплексом не в стремлении увеличить скорость, а в желании снизить шумность.

Главное тактическое достоинство подводной лодки — скрытность действия — во многом определяется ее первичным акустическим полем, или, как принято говорить, шумностью. Борьба с шумом подводных лодок началась уже в ходе второй мировой войны, когда для их обнаружения были созданы шумопеленгаторные средства. Эти средства постоянно совершенствовались, в то же время по мере увеличения скорости подводного хода лодки все больше «шумели». На атомных подводных лодках США уже при скорости 20 уз резко возрос уровень шумности, а с дальнейшим увеличением скорости атомная лодка по шумности приблизилась к дизель-электрической, идущей под РДП. Подводное кораблестроение столкнулось с очередной проблемой.

Создаваемый подводной лодкой шум происходит от работы гребных винтов, механизмов и вследствие обтекания корпуса лодки забортной водой — гидродинамический шум. Главным источником шума является гребной винт. При его вращении в потоке воды лопасти периодически проходят через поле следа обводов кормовой оконечности лодки, в результате чего возникают пульсирующие гидродинамические усилия, которые через воду передаются на корпус. В результате он колеблется, излучая шум. Шумность гребного винта во многом за-

висит от его конструкции. С увеличением числа лопастей давление на них распределяется более равномерно, благодаря чему шумность снижается. Десятилетиями на подводных лодках применялись трехлопастные гребные винты, а некоторые из сегодняшних зарубежных лодок оснащены четырех-, пяти- и даже семилопастными гребными винтами.

Значительный шум создают редукторы паровых турбин. Применяемые в кораблестроении понижающие редукторы на быстроходных двигателях за счет снижения величины нагрузки гребного винта по упору путем увеличения его диаметра при умеренных оборотах значительно повышают КПД винта. По мнению иностранных специалистов, таким путем КПД винта на одновальных подводных лодках может быть доведен до 80—84 %, а на двухвальных до 75 %. Но получение возможно большего КПД винта уменьшением его оборотов находится в противоречии с требованиями снижения массы и габаритов паротурбинной установки при повышении ее экономичности, в основе которых лежит высокооборотность. Паровые турбины атомных лодок США 60-х годов оснащались редукторами, уменьшающими число оборотов гребного вала по сравнению с оборотами турбины почти в 40 раз — с 4—6 тыс. до 100—150 об/мин. Однако жесткие требования к снижению шумности вынудили проектировщиков атомных лодок отказаться от редукторов. Первый такой опыт в США был предпринят на вошедшей в строй в 1960 г. ПЛА *Таллиби* водоизмещением 2317/2640 т, АЭУ которой снабжала паром два турбогенератора, питавших гребной электродвигатель мощностью 1840 кВт, обеспечивающий скорость лодки 15/20 уз.

Шум, возникающий при работе многочисленных вспомогательных механизмов, передается на корпус подводной лодки через воздушную среду, а также через конструкции, связанные с механизмами (фундаменты, трубопроводы и др.). Насколько серьезное внимание уделяется этому вопросу в США, видно из того, что там считается допустимым на атомных лодках доводить массу демпфирующих устройств до 20—30 % общей массы механизма. В 1969 г. в состав ВМС США вошла ПЛА *Нарвал* водоизмещением 4450/5350 т и скоростью 20/30 уз, в первом контуре АЭУ которой осуществлялась естественная циркуляция теплоносителя, что позволило отказаться от

циркуляционных насосов первого контура, также являющихся источником шума.

Гидродинамический шум возникает в нерегулярном и неустойчивом потоке заборной воды, обтекающей подводную лодку. Этот шум может стать определяющим при движении лодки на больших докавитационных скоростях. Практическое решение этой проблемы в США началось на экспериментальной лодке *Альбакор*, гидродинамический шум которой удалось снизить благодаря одновальной энергетической установке, выполнению корпуса в виде тела вращения с небольшим отношением длины к диаметру, уменьшению площади вырезов в наружной обшивке и их закрытию, отказу от неподвижных кормовых стабилизаторов, сокращению числа выступающих частей и применению специального пенопласта для выравнивания поверхности корпуса лодки<sup>1</sup>.

С учетом конструктивных мероприятий по снижению шумности, исследованных и отработанных на *Альбакоре*, *Таллиби*, *Джеке* и *Нарвале*, в США была спроектирована и в 1974 г. введена в строй атомная лодка с турбоэлектрической АЭУ *Гленард П. Липскомб* водоизмещением 5813/6480 т.

На внедрение мероприятий по снижению шумности необходимо было затрачивать существенную долю водоизмещения кораблей глубин. Не малая доля водоизмещения была необходима и для обеспечения других первостепенных показателей лодок, один из которых — глубина погружения — является ровесником подводного плавания.

## ПРОРЫВ В ГЛУБИНУ

Материалы. Конструкция. *Долфин*  
и его назначение

Глубина погружения — одна из главных характеристик подводного корабля. До первой мировой войны считалась достаточной 50-метровая глубина, так как позволяла подводной лодке укрыться и не быть обнару-

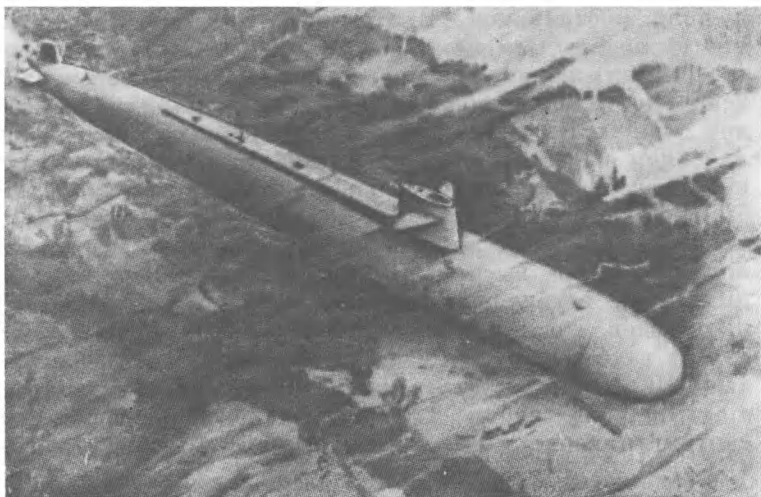
---

<sup>1</sup> Прошин А., Шатаев Г. Основные направления борьбы с шумностью подводных лодок — Морской сборник, 1977. № 7, с. 78—79.

женной противником. В то время основным оружием против лодки были таран и артиллерия. Однако по мере совершенствования средств обнаружения и поражения величина глубины погружения становилась для подводной лодки первостепенным фактором. Кроме того, с увеличением глубины возрастала свобода маневрирования, ибо подводная лодка в большей мере приобретала как бы «третью степень свободы». Здесь уместна аналогия с самолетом, свобода маневрирования которого возрастает по мере набора высоты. По мнению американских специалистов, глубина погружения быстроходных подводных лодок должна составлять 600—1200 м [10]. Но путь в глубину труден. При погружении лодки на каждые 10 м гидростатическое давление возрастает на 100 кПа и на глубине 1200 м и на каждый квадратный сантиметр обшивки прочного корпуса будет давить масса 120 кг.

Подводные лодки, участвовавшие во второй мировой войне, имели глубину погружения 100—135 м. У первых серийных атомных лодок США она превышала 200 м, а у построенных в 70-е годы достигала 400 м. При подводном водоизмещении ракетной атомной лодки США *Итен Аллен* 8000 т площадь обшивки прочного корпуса составляет примерно 4000 м<sup>2</sup>. Нетрудно подсчитать, что на глубине 400 м внешняя нагрузка на корпус лодки достигнет 1,6 млн. т. А если вернуться к прогнозам американских специалистов — 600—1200 м? В таком варианте нагрузка на корпус лодки возрастет до громадных размеров и составит, соответственно, 2,4—4,8 млн. т! Но специалисты США считают и такие глубины недостаточными. При этом исходят из того, что подводная лодка с глубиной погружения 4600 м сможет достичь дна на 60 %, а с глубиной погружения 5500 м — на 90 % площади океанов. Обнаружить гидролокатором находящуюся на дне океана лодку очень сложно, так как ее трудно классифицировать на фоне подводных гор, рифов и неровностей.

Какова должна быть конструкция корпуса такой подводной лодки, чтобы выдержать огромное давление воды? Наиболее оптимальная форма оболочки, рассчитанной на наружное давление, — сферическая. Но эта форма для подводной лодки непригодна, так как лодка будет иметь очень большое сопротивление, не говоря уже о проблематичности размещения вооружения и технических средств в шарообразном корпусе. В современной

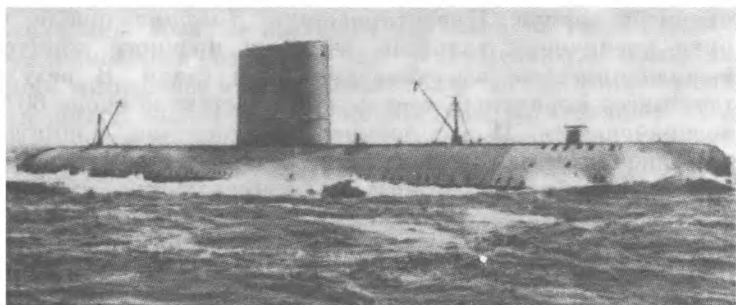


Подводная лодка у дна океана

подводной лодке, корпус которой представляет собой тело вращения, также довольно сложно использовать полезные объемы, поэтому приходится увеличивать его диаметр.

Существует мнение, что проблему увеличения глубины погружения подводной лодки следует решать в нескольких направлениях. Наиболее заманчивым, на первый взгляд, кажется увеличение толщины обшивки прочного корпуса, но при этом возрастает его масса, а с нею и водоизмещение лодки. В первом приближении можно считать, что утяжеление прочного корпуса прямо пропорционально глубине погружения подводной лодки. Следовательно, с увеличением глубины погружения возрастание массы корпуса придется компенсировать за счет облегчения других конструкций и оборудования. Так, считается, что отказ от ограждения выдвижных устройств (перископов, антенн локационной, навигационной и радиоаппаратуры) позволяет увеличить глубину погружения на 4 %, а замена поперечных переборок корпуса рамными шпангоутами — на 7—10 %. Определенный эффект сулит замена стальных деталей и узлов на пластмассовые или изготовленные из легких сплавов.

За рубежом главные надежды в решении проблемы увеличения глубины погружения подводных лодок связывают с новыми высокопрочными материалами. В США



Глубоководная подводная лодка *Долфин*

уже с начала 50-х годов по заданию ВМС была начата разработка сталей типа НУ с повышенными механическими свойствами, особенно предела текучести<sup>1</sup>. Сталь этого типа проходила проверку на *Альбакоре*. Ее применение позволило уменьшить массу прочного корпуса лодки примерно на 30 %.

Круг проблем при создании глубоководных лодок не ограничивается только обеспечением надежности прочного корпуса. В не меньшей степени должны обеспечиваться надежность трубопроводов забортной воды, уплотнение электрических кабелей и систем, проходящих через обшивку прочного корпуса, безотказность забортной арматуры и, конечно, действие оружия. На заложенной в 1962 г. экспериментальной подводной лодке *Долфин* водоизмещением 800/928 т с глубиной погружения 1200 м, по заявлению начальника штаба ВМС США, предстояло:

...испытывать проектные технические решения, в том числе акустику в глубоководном звуковом канале, оружие и приборы управления стрельбой, а также собирать информацию для оценки боевых качеств глубоководных подводных лодок и целесообразности развивать это направление в подводном кораблестроении.

Относительно небольшое водоизмещение *Долфина* объясняется необходимостью обеспечить прочность корпуса при приемлемой скорости подводного хода. Масса корпусных конструкций на подводных лодках США постройки тех лет составляла примерно 40 % водоизмещения, из которых около половины приходилось на

---

<sup>1</sup> Предел текучести — напряжение, при котором появляется текучесть (т. е. увеличение деформации без увеличения деформирующей силы)



прочный корпус. Проектировщики *Долфина* пошли по пути увеличения толщины обшивки прочного корпуса, выполненного из высококачественной стали. В результате масса корпусных конструкций составила около 60 % водоизмещения. И это несмотря на ряд мер, принятых для экономии водоизмещения: лодка вооружена лишь одним торпедным аппаратом, допускающим стрельбу с глубины 1000 м, в максимально возможной степени совмещены вахтенные посты и применена автоматизация систем, устройств и механизмов (для снижения численности экипажа) и др.

При постройке *Долфина* серьезное внимание обратили на обеспечение мер безопасности. Чтобы повысить надежность трубопроводов забортной воды, применили двухконтурную систему охлаждения, основной частью которой являлся встроенный в корпус лодки теплообменник, омываемый забортной водой. В целях гарантированного срочного всплытия обычная аварийная система продувания балласта сжатым воздухом дублируется устройством дистанционного сброса двадцатитонной секции киля, крепящейся к корпусу двумя взрывными болтами. При нажатии кнопки в центральном посту болты разрушаются взрывом и секция отделяется от лодки.

Конструкторы подводных кораблей связывают надежды не только со сталью. Известно, что в авиационной и ракетной технике успешно применяются сплавы титана, которые по своим механическим характеристикам близки к лучшим маркам стали, но при этом имеют почти в два раза меньшую удельную массу. В подводном кораблестроении США и некоторых других стран сплавы титана применяют уже в течение ряда лет. Однако и сплавы титана не лишены недостатков, в частности плохо поддаются механической обработке и трудно свариваются.

В последние годы сталь в кораблестроении все чаще пытаются заменить неметаллическими материалами, тем более что с появлением пластмасс стало возможным создавать материалы с заранее заданными свойствами. Но у пластмасс недостаточная прочность. Используя опыт по армированию железобетона, удалось получить стеклопластик (в синтетическую смолу ввели стеклянные волокна). Так появился материал, который по прочности несколько уступает стали, но зато его удельная масса в четыре раза меньше. Немаловажным достоинством стеклопластика является его стойкость против коррозии. На

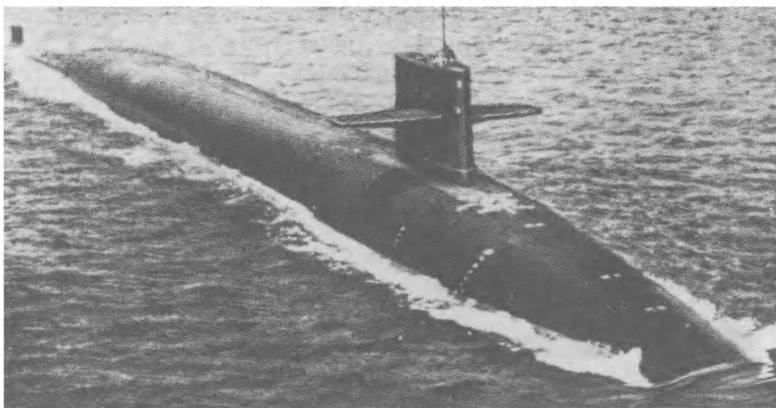
подводной лодке *Долфин* изготовленные из стеклопластика баллоны воздуха высокого давления по сравнению с металлическими имели в два раза меньшую массу и, кроме того, повышенную ударостойкость. На зарубежных подводных лодках из стеклопластика изготавливают надстройки, ограждения рубок, обтекатели выдвижных устройств и другие конструктивные элементы корпуса. В США исследуется возможность изготовления из стеклопластика прочного корпуса подводной лодки.

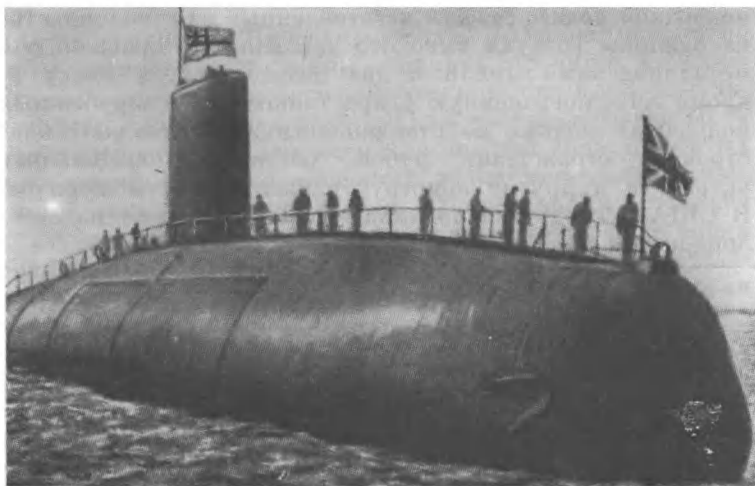
## БЕЗ ПРАВА ОТСТАВАТЬ

ПЛА стран НАТО. Советские ато-  
моходы

В 1972 г. в США была заложена, а в 1976 г. вошла в строй ПЛА третьего поколения *Лос-Анджелес* водоизмещением 6000/6900 т со скоростью подводного хода около 35 уз и глубиной погружения 450 м — головной корабль серии из 41 единицы. В 1976 г. заложили и в 1981 г. ввели в строй головной корабль ракетно-ядерной системы «Трайдент» — атомный подводный ракетоносец *Огайо* с гигантским водоизмещением 16 600/18 700 т, глубиной погружения около 300 м, вооруженный 24 баллистическими ракетами.

ПЛА *Огайо*



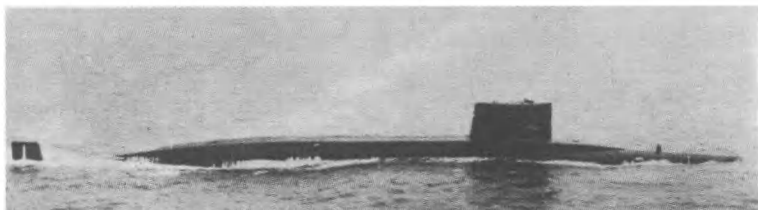


ПЛА *Дредноут*

Атомный подводный флот США постоянно обновляется. Уже выведен из состава флота *Наутилус*, в корпусе которого с 1986 г. разместились музей и библиотека подводных сил США. На смену атомным подводным лодкам прошлых лет приходят ПЛА новых поколений с более мощным и совершенным вооружением.

В силу технических и экономических трудностей союзники США по НАТО приступили к строительству ПЛА несколько позже. В 1963 г. Англия построила первую атомную подводную лодку *Дредноут* водоизмещением 3500/4000 т, вооруженную шестью торпедными аппаратами. В 1962 г. было начато серийное строительство многоцелевых атомных лодок типа *Вэлиант*, а несколько позже — типа *Свифтшур*. В 1967—1969 гг. вошли в строй четыре английские ракетные атомные

ПЛА *Редутабль*



лодки типа *Резолюшн* водоизмещением 7500/8400 т, вооруженные 16 баллистическими ракетами американского производства типа «Поларис». На смену им планируется построить в 1986—1996 гг. пять-шесть новых ракетных атомных лодок, вооруженных 16 баллистическими ракетами США типа «Трайидент II». В мае 1983 г. вошла в строй головная английская многоцелевая атомная лодка нового поколения (серия 6 единиц) *Трафальгар* водоизмещением 4000/4800 т и скоростью подводного хода около 32 уз.

В 1958 г. во Франции заложили многоцелевую атомную подводную лодку *Q-244*, но на следующий год корабль законсервировали, а позже достроили с дизель-электрической установкой. С 1964 г. Франция развернула серийное строительство атомных подводных лодок, заложив первый из пяти атомных подводных ракетносцев типа *Редутабль* водоизмещением 8080/8920 т, вооруженных 16 баллистическими ракетами. В 1982 г. была заложена головная атомная ракетная лодка второго поколения *Инфлексибл*. С 1976 г. Франция приступила к постройке серии многоцелевых атомных лодок типа *Рубис* водоизмещением 2385/2670 т и скоростью 16/25 уз; головная вошла в строй в 1983 г. С 1988 г. планируется закладка второй серии лодок этого типа с более высокими тактико-техническими элементами.

К 1986 г. в составе ВМС европейских стран НАТО насчитывалось свыше 150 подводных лодок, в том числе 9 атомных ракетносцев и 14 многоцелевых ПЛА<sup>1</sup>.

Вслед за США Советский Союз был вынужден также приступить к разработке и строительству атомных подводных лодок. Известно, как быстро была ликвидирована американская монополия на атомную бомбу. Не менее убедительно она была ликвидирована и в атомном подводном кораблестроении.

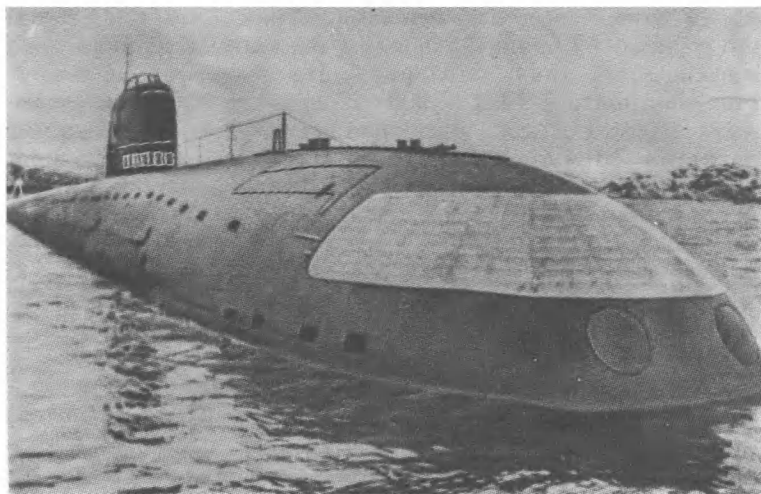
В начале 50-х годов отечественная промышленность разработала АЭУ и приступила к строительству советских ПЛА [19]. Первенцем нашего атомного подводного кораблестроения стала лодка *Ленинский комсомол*. Ее командир Герой Советского Союза контр-адмирал Л. Г. Осипенко вспоминал о первом выходе в море:

- Разрешите дать ход? — обратился я к главнокомандующему.
- Добро! — ответил он коротко.

Перевозу рукоятки, и атомоход плавно и быстро заскользил по

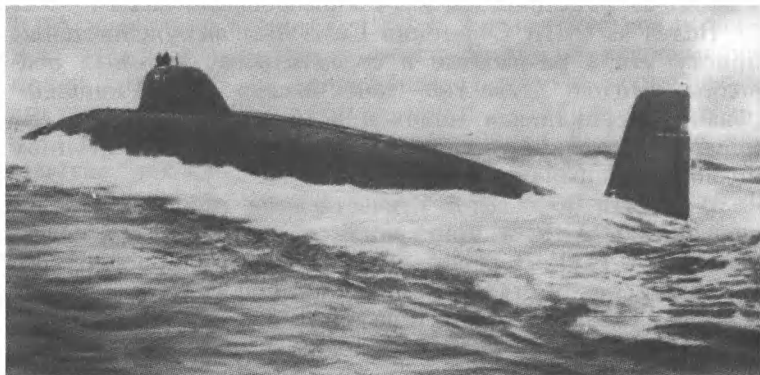
---

<sup>1</sup> Иванов Ю. Военно-морские силы европейских стран НАТО к 2000 году. — Морской сборник, 1985, № 5, с. 79—81.



ПЛА *Ленинский комсомол*

гладкой воде. Ощущение потрясающее. Мы, подводники дизельного флота, привыкли при плавании в надводном положении к грохоту дизелей и мелкому дрожанию палубы под ногами. А тут тишина и скорость. В подводном положении скорость стала еще большей. Росла и росла глубина погружения. Все, кто находился в центральном посту, смотрели на стрелки указателей и молчали, понимая, что присутствуют при рождении новой эпохи — эпохи Советского атомного подводного флота<sup>1</sup>.



ПЛА *50 лет СССР*

<sup>1</sup> Правда, 1982, 24 июля.

В июле 1962 г. *Ленинский комсомол* совершил подледное плавание и всплыл в районе Северного полюса. В феврале-марте 1966 г. группа советских ПЛА совершила кругосветное плавание, пройдя около 23 тыс. миль под водой без всплытия. В сложной международной обстановке Советский Союз вынужден поддерживать свой атомный подводный флот на должном уровне. Чтобы надежно обеспечить свою безопасность, он не имеет права отставать.

## ПОИСК ПРОДОЛЖАЕТСЯ

### РЕАБИЛИТАЦИЯ ВОДОМЕТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Снова к водомету. Кавитационный барьер. По аналогии с авиацией

Хотя ПЛА намного перекрыли скорость дизель-электрических предшественниц, за рубежом считают, что этого недостаточно. При этом называют 60, а в более отдаленной перспективе 100 уз и более [7]. Но в таких традиционных направлениях совершенствования ходовых качеств подводных лодок, как увеличение энергооборуженности и улучшение формы корпуса, резервы в значительной степени исчерпаны. В создавшемся положении конструкторы вынуждены обращаться к новым идеям.

Одним из основных препятствий на пути увеличения скорости подводных лодок является кавитация гребных винтов. С этим явлением кораблестроители впервые столкнулись в конце 19 в. Винт начинает кавитировать, когда с увеличением числа его оборотов скорость воды на засасывающей стороне лопастей настолько возрастает, что давление снижается до величины, при которой вода даже при обычной температуре вскипает и превращается в пар. Пар, занимая определенный объем, вытесняет воду, и в ней образуются пузырьки, наполненные паром, воздухом и газами, выделившимися из воды. Каждый пузырек переносится потоком от места своего образования в область с меньшим разрежением. При этом пар в пузырьке мгновенно конденсируется, превращаясь в воду. Вода, как известно, занимает меньший объем, чем пар, а потому в образующуюся пустоту со всех сторон устремляются окружающие пузырек частицы воды, которые с огромной силой ударяются о по-

верхность лопасти, постепенно разрушая ее. Это первая стадия кавитации.

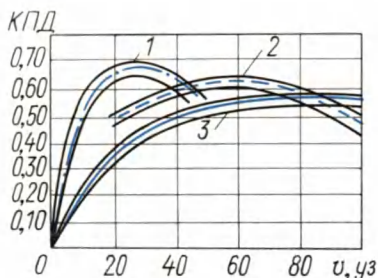
По мере дальнейшего увеличения числа оборотов винта площадь засасывающей стороны лопастей, охваченная кавитацией, расширяется, зона разрежения увеличивается, давление в ней падает. Конденсация пара происходит за пределами лопастей. При этом кавитационное разрушение металла винта прекращается, но винт как бы теряет упор и проскальзывает в «воздушном мешке». Наступает вторая стадия кавитации, которая не разрушает винт, но снижает его КПД.

В начале 40-х годов академик В. Л. Поздунин предложил на первый взгляд парадоксальное решение: бороться с кавитацией путем ее интенсификации, применяя для быстроходных кораблей гребные винты, специально приспособленные для работы в условиях сильно развитой кавитации. Открытое Поздуниним явление получило название суперкавитации, а предложенные им гребные винты — суперкавитирующих. По сравнению с обычными гребными винтами суперкавитирующие винты быстроходных кораблей имеют на 15—20 % больший КПД, а число оборотов может достигать 3000 в минуту, что позволяет в отдельных случаях применять безредукторные двигатели, тем самым облегчая и упрощая энергетическую установку. По мнению зарубежных специалистов, порог эффективности суперкавитирующих винтов находится в диапазоне 40—80 уз. А какой движитель сможет обеспечить более высокие скорости?

Читатель помнит о попытках создать водометные корабли (19 в.) и чем они закончились. Большой вклад в теорию водометного движителя внес замечательный русский ученый Николай Егорович Жуковский, работы которого были использованы отечественными исследователями и конструкторами А. А. Брандтом, Ф. А. Бриксом, А. М. Потемкиным и другими. На опыте предшественников учились исследователи последующих поколений, и уже в наше время трудами советских ученых А. М. Басина, И. М. Коновалова, С. В. Куликова, А. П. Кужмы и других, а также зарубежных специалистов создана стройная теория водометного движителя [14]. Уже сегодня им оснащаются быстроходные корабли на подводных крыльях и на воздушной подушке, развивающие скорость 60 и более узлов.

Чтобы понять, почему изобретатели прошлого терпели неудачу, обратимся к формуле КПД идеального водомет-





Зависимость КПД корабельных двигателей от скорости.

1 — некавитирующий гребной винт, 2 — суперкавитирующий гребной винт, 3 — водомотный движитель

ного движителя  $\eta_i = 2 / (1 + v_{\text{вых}}/v)$ , где  $v_{\text{вых}}$  — скорость реактивной струи на выходе из отливного патрубка;  $v$  — скорость корабля. Из формулы видно, что  $\eta_i$  возрастает с уменьшением скорости струи, а следовательно, и с увеличением количества прокачиваемой воды, что влечет за собой возрастание площади сечения водоводов. С ростом производительности насоса и площади сечения водоводов резко возрастает масса движительного комплекса и бортового запаса топлива, а значит, и водоизмещение корабля. В этом основная причина того, что в прошлом за водомотным движителем упрочилась репутация малоэффективного с низким КПД, не превышающим 25—30 %. Могла ли идти речь о конкуренции с гребным винтом!

Вернемся к формуле, а вернее к другому входящему в нее показателю —  $v$ . Именно в нем содержится ответ на вопрос, что можно ожидать от водомотного движителя. Оказывается, на очень быстроходном корабле водомотный движитель по эффективности может не только сравняться с гребным винтом, но и превзойти его. Речь идет о скоростях, которые еще в недавнем прошлом казались фантастическими, — 80 уз и более. А при скорости 100 уз и выше с водомотным по эффективности не может конкурировать ни один из известных сегодня корабельных движителей.

Водомотный движитель имеет и такое первостепенное преимущество, как передача очень большой мощности упора, недоступной гребному винту из-за чрезмерного возрастания его массы и габаритов. Кроме того, водомотный движитель, смонтированный внутри корпуса подводной лодки, благодаря применению средств звукоизоляции и звукопоглощения позволит снизить шумность. Размещение рабочего колеса насоса в цилиндрической трубе уменьшит неравномерность потока, что, в свою очередь, приведет к снижению степени его гидродинами-

ческой неуравновешенности — одной из главных причин вибрации корпуса подводной лодки, оснащенной гребным винтом.

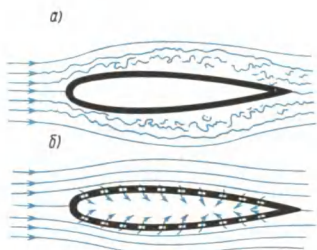
Конечно, применение водометного движителя связано с немалыми трудностями. Так, на величину пропульсивного коэффициента подводной лодки с водометным движителем окажет отрицательное влияние гидравлическое сопротивление в водоводах, которое может достигать 80 % полного сопротивления лодки, а также потери, обусловленные вихреобразованием и взаимодействием струи с внешним потоком. А от качества формирования струи зависит эффективность всего водометного движительного комплекса, его КПД и тяга. Большая скорость лодки практически неизбежно вызовет кавитацию на стенках водоводов и лопастях насоса. При чрезмерно развитой кавитации возможен срыв работы насоса. Правда, здесь, как и в случае кавитации гребного винта, существует возможность применения насосов с суперкавитирующими лопастями рабочих колес.

Для скоростей, развиваемых современными подводными лодками, гребной винт не является тормозом. Но с учетом роста водоизмещения и перспективы достижения подводными лодками гораздо больших скоростей не исключается возможность их оснащения в будущем водометными движителями [14]. Напрашивается аналогия с авиацией. Пока скорости самолетов не превышали 600—700 км/ч, в качестве движителя на них монополюльно применялся воздушный винт, дальнейшим ростом скоростей винт был вытеснен реактивным двигателем.

## В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ

Идеи, идеи, идеи... И снова эксперименты. Опыт

Чтобы достичь возможно меньшего сопротивления подводной лодки, необходимо в зоне возрастания давления предпринять специальные меры, направленные на предотвращение отрыва пограничного слоя и сохранение ламинарного режима обтекания корпуса. Именно в пограничном слое в результате возмущающего действия корпуса корабля происходит турбулизация обтекающего корпус потока воды и, как следствие, возрастание сопротивления формы.



Обтекание движущегося тела жидкостью. Турбулентное (а), которое может стать ламинарным, если часть жидкости из пограничного слоя отсасывать (б)

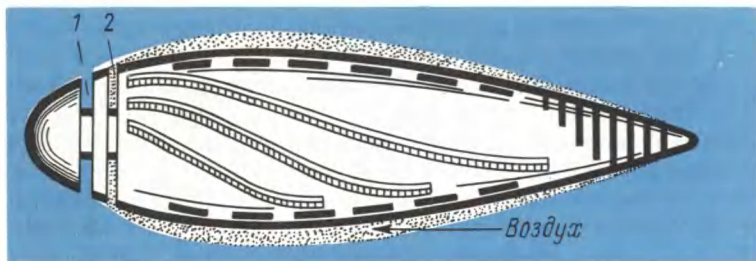
Известный немецкий ученый Л. Прандтль еще в 1904 г. обратил внимание кораблестроителей на возможность ламинаризации пограничного слоя с помощью отсоса. Принцип отсоса заключается в удалении из пограничного слоя насосом частиц жидкости, заторможенных в области возрастания давления, прежде, чем они успеют оторваться от корпуса. При этом обеспечивается устойчивость ламинарного режима обтекания и его переход в турбулентную форму как бы отодвигается в область больших скоростей.

Существует мнение, что отсос можно использовать и для того, чтобы значительно сократить удлинение корпуса подводной лодки с целью снижения его сопротивления за счет уменьшения смоченной поверхности. В этом случае удастся избежать интенсивного вихреобразования и отрыва пограничного слоя даже за кормой короткого корпуса с тупыми обводами, а значит, и возрастания сопротивления формы. Достоинством отсоса является и снижение гидродинамического шума, вызываемого турбулентным режимом обтекания.

Отсос из пограничного слоя уже внедрили авиаторы. Эффективность этого способа подтвердилась во время натурных испытаний опытного участка крыла самолета с отсосом через узкие щели: его сопротивление с учетом затрат мощности на работу отсасывающего вентилятора снизилось почти на 80 %<sup>1</sup>.

Несмотря на кажущуюся простоту, сложностей в реализации идеи отсоса более чем достаточно. Количество отсасываемой воды должно иметь рациональные пределы. При чрезмерном отсосе пограничный слой станет настолько тонким, что выступающие из ламинарного слоя бугорки и шероховатости на поверхности корпуса будут турбулизировать поток, нарушая ламинарный режим те-

<sup>1</sup> Елисеев В. Проблемы больших скоростей. — Морской сборник, 1974, № 2, с. 81.



Схематическое изображение подводной лодки Эйхенберга.

1 — щель отсоса воды; 2 — щель подачи воздуха

чения, а при недостаточном отсосе ламинарный режим просто не будет достигнут. В зависимости от скорости и условий плавания подводной лодки интенсивностью отсоса придется управлять. При этом закон регулирования будет весьма сложным. Одной из серьезных проблем станет обеспечение проходимости очень узких щелей, через которые будет происходить отсос, из-за находящихся в забортной воде планктона и морских обитателей, не говоря уже о механических примесях.

Внимание изобретателей на протяжении многих лет привлекает «воздушная смазка» — создание воздушной прослойки между корпусом корабля и забортной водой. Предлагались различные варианты изменения свойств пограничного слоя воды: нагрев в зоне, прилегающей непосредственно к корпусу, применение для обшивки корпуса различных покрытий, выделяющих при контакте с водой газовые пузырьки и др. Однако ни одна из этих идей даже на моделях себя не оправдала.

После второй мировой войны дело вроде бы сдвинулось с мертвой точки. Так, американский инженер Эйхенберг предложил подводную лодку с уменьшенным сопротивлением трения за счет создания между обшивкой корпуса и водой тонкой воздушной прослойки с замкнутой циркуляцией воздуха. За головной частью корпуса через щель отсасывается вода, чтобы не допустить формирование турбулентного пограничного слоя. Через следующую щель подается воздух для образования воздушной прослойки. Этой же цели служат и щели, расположенные на днище. Внутри прослойки воздух перемещается вверх, что влечет за собой неравномерное распределение толщины прослойки по обводам

корпуса. Чтобы помешать перетеканию воздуха, на боковой поверхности корпуса с каждого борта имеются выступы, не соприкасающиеся с водой. Таким образом, корпус опирается на воду лишь носом и кормой, а вся его средняя часть обтекается тонким слоем воздуха. Для возможно большего снижения сопротивления изобретатель оговорил необходимость ламинарного течения воздуха. Задача эта очень сложная, так как прослойка воздуха должна измеряться долями миллиметра. Кроме того, как показали опыты, искусственно вентилируемые полости подобного типа при движении пульсируют и деформируются. Для устранения этих явлений потребуются какие-то дополнительные, возможно, весьма сложные технические решения.

В течение последних десятилетий кораблестроители интересуются способом управления пограничным слоем с помощью так называемых неньютоновских жидкостей. В очередной раз все решил случай. На одном из нефтеперерабатывающих заводов США ошибочно открыли вентиль, и некоторое количество гуара (полимер растительного происхождения — разновидность каучука) попало в нефть. Когда ее стали подавать по трубам в нефтехранилище, обслуживающий персонал обратил внимание, что насосы работают со сниженной нагрузкой. Явлением заинтересовались. Как принято в подобных случаях, анализировались события, имеющие какую-нибудь, даже косвенную аналогию. Вспомнили, что еще во время войны сопротивление напалма в трубах огнеметов снижалось при добавлении в него бензина — вещества высокополимерного. Вспомнили и о том, что иногда в районах морей с большими скоплениями планктона животного и растительного происхождения у кораблей и судов при неизменной мощности энергетической установки вдруг возрастала скорость, а затем, по прошествии некоторого времени, становилась прежней. Аналогичная картина наблюдалась в опытовых бассейнах при испытании моделей, когда через некоторый промежуток времени при повторном испытании одной и той же модели ее сопротивление значительно изменялось.

Первым загадочное явление обосновал английский химик Б. А. Томс, сообщивший в 1948 г. о результатах опытов с разбавленными растворами высокомолекулярных полимеров с линейной структурой молекул, в результате которых удавалось снижать сопротивление течения в турбулентном потоке до 50 % [6]. Механизм явле-

ния, получившего название «эффект Томса», очень сложен и пока только предположителен, но в процессе его расшифровки кое-что удалось выяснить и обосновать. Так, установили причину резкого возрастания скорости кораблей и судов в районах с большим содержанием планктона. Оказалось, что морские водоросли и микроорганизмы в процессе жизнедеятельности выделяют высокомолекулярные соединения, которые даже при незначительном содержании в воде существенно снижают сопротивление движущегося в ней тела. Снижение сопротивления настолько ощутимо, что для исключения фиктивных результатов на испытаниях было признано необходимым нормировать содержание водорослей и микроорганизмов на мерных линиях и в опытовых бассейнах.

По закону Ньютона, сила, обусловленная касательными напряжениями между слоями ламинарного течения вязкой жидкости, пропорциональна площади, на которой действуют эти напряжения, градиенту скорости частиц жидкости в направлении, нормальном к плоскости действия касательных напряжений, и коэффициенту вязкости  $\mu$ . Для таких жидкостей, как вода, масло и им подобные,  $\mu$  является величиной постоянной. Иначе ведут себя коллоидные системы, эмульсии, полимерные суспензии и некоторые органические соединения, названные «неньютоновскими жидкостями». У них отношение касательного напряжения к градиенту скорости, а следовательно, и коэффициент вязкости  $\mu$  не являются постоянными и изменяются в зависимости от градиента скорости.

В первую очередь явлением заинтересовались ученые и инженеры, работающие в областях техники, связанных с гидродинамикой, и одними из первых — кораблестроители. По неполным данным, уже в 1970 г. за рубежом исследованиями полимерных добавок занимались более 30 научных учреждений [3]. Выяснилось, что наибольший эффект дает полимер органического происхождения полиэтиленоксид (вещество, отличающееся очень большой длиной молекул), получивший название «полиокс». Опытным путем установлено, что сопротивление тела, движущегося в воде, содержащей даже мизерную добавку полиокса (0,002 %), снижается на 30—40 %. Проведенные в Англии опыты с моделью эсминца показали, что при добавлении полиокса в воду опытового бассейна сопротивление трения модели снижается на одну треть. В 1968 г. английское адмиралтейство перенесло

опыты на тральщик, в обшивке которого в носу и корме прорезали два ряда щелей для подачи в пограничный слой раствора полиокса концентрацией около 0,001 %. Сопротивление трения корабля уменьшилось почти на 25 %, за счет чего при неизменной скорости мощность энергетической установки снизилась на 12 %.

Такой способ снижения сопротивления трения особенно заманчив для быстроходной подводной лодки, так как в отличие от надводного корабля сопротивление трения в подводном положении у нее составляет основную часть полного сопротивления. Правда, настораживает тот факт, что даже при указанных очень малых концентрациях раствора, расход полимера будет внушителен. Но вспомним немецкие подводные лодки с ПГТУ, которые в час расходовали 20—30 т высококонцентрированного раствора перекиси водорода. В этой связи обращают на себя внимание опыты, проведенные на подводных лодках США, знакомой нам экспериментальной *Альбакор* и атомной *Поллак*, оборудованных системой подачи полиокса в пограничный слой. По сообщениям печати, полученные результаты оценены положительно и с их учетом разработана аппаратура для подачи полимерных добавок, которой предполагалось оснастить одну из атомных лодок США типа *Стерджен*<sup>1</sup>.

## ПРАКТИЧЕСКИ БЕСШУМНЫЕ

Горение без пламени. Странная  
модель. МГД-двигатель

В течение ряда лет за рубежом уделяют внимание топливным элементам (ТЭ). Одним из главных недостатков энергетических установок, работающих на органическом топливе и вырабатывающих электроэнергию, являются потери на каждой стадии преобразования энергии. Химическая энергия топлива превращается в электрическую через посредников в виде тепловой и механической энергии, что весьма накладно и приводит к значительному снижению КПД установки. Кроме того, такие установки громоздки, сложны в устройстве, выде-

---

<sup>1</sup> Зарубежная военно-морская хроника. — Морской сборник, 1977, № 6, с. 94.

ляют много тепла в окружающую среду, а их работу сопровождают шум и вибрации.

Сгорание топлива сопровождается высокой температурой. При горении происходит окислительно-восстановительный процесс между топливом (горючим веществом) и окислителем (кислородом). При этом атомы топлива окисляются, то есть теряют электроны, а атомы окислителя восстанавливаются, приобретая их. Такие процессы характеризуются случайным перемещением атомов и молекул топлива и окислителя, между которыми идет непрерывный обмен электронами, что очень нерационально с энергетической точки зрения. Почему? Энергетический уровень атомов определяется строением их внешней электронной оболочки, которая может иметь определенное количество электронов. Атомы горючих и окислительных веществ имеют внешнюю оболочку, заполненную электронами не полностью. Взять, к примеру, горючее — водород. У него на внешней оболочке «недостает» одного электрона, хотя оболочка позволяет иметь два. А в атоме окислителя — кислорода — «не хватает» от двух до восьми электронов. Заполнение внешней оболочки электронами вызывает уменьшение энергетического уровня атома, так как обмен электронами между атомами топлива и окислителя является переходом электронов с высшего энергетического уровня на низший. Такой процесс сопровождается высвобождением энергии в виде теплоты, которую, как известно, далеко не всю можно обратить в полезную работу. Поскольку обмен электронами при химическом горении происходит хаотично — с различными скоростями и в разных направлениях — возникновение электрического тока исключается.

Если же хаотическое перемещение электронов упорядочить, сообщив им направленное движение, то энергия реакции почти полностью пойдет на образование электрической энергии, и химическое горение топлива превратится в электрохимическое, то есть в горение без пламени. Как известно, получать электроэнергию прямо, непосредственно используя химическую энергию, можно по хорошо известному способу, реализованному в электрическом аккумуляторе. Но аккумулятор содержит ограниченное количество веществ, участвующих в реакции. Через некоторое время, когда они будут израсходованы, прекратится подача тока. Этот недостаток отсутствует у ТЭ, в которых убыль веществ, расходуемых при токо-



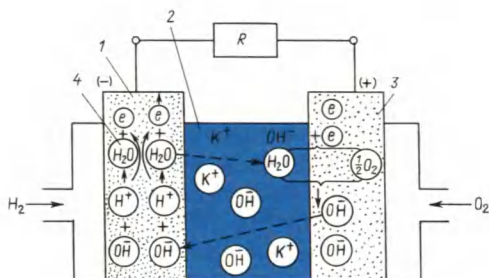


Схема водородно-кислородного топливного элемента.  
1 — водородный электрод (анод),  
2 — электролит, 3 — кислородный электрод (катод), 4 — вода

образовании (топливо и окислитель), непрерывно пополняется.

Впервые подобное устройство создал в 1839 г. англичанин Уильям Гров. Но только через 100 лет, после того как были разработаны теоретические основы термодинамики, квантовой физики, теории катализа, количественной теории преобразования химической энергии в электрическую, электрохимической теории металлургии и созданы необходимые материалы, удалось изготовить пригодные для практического использования ТЭ. Существует много типов ТЭ, отличающихся друг от друга топливом, окислителем, электролитом, конструктивным исполнением и т. д. Ограничимся рассмотрением наиболее изученного и освоенного в настоящее время водородно-кислородного ТЭ, в простейшем виде представляющего собой корпус, в котором размещены два пористых электрода, разделенные между собой слоем электролита. Отверстия в корпусе предназначены для подачи топлива (газообразного водорода), окислителя (газообразного кислорода) и для удаления продукта реакции (воды). Конструкция напоминает обычный аккумулятор. Отличие в том, что в ТЭ непрерывно подводятся топливо и окислитель, причем так, что исключена возможность их смешивания. ТЭ работает следующим образом.

На анод (отрицательный электрод) подается водород. Молекулы водорода, проходя через поры анода, за счет адсорбции на его поверхности расщепляются на атомы, которые, в свою очередь, на границе с электролитом ионизируются с образованием свободных электронов. Положительные ионы  $H^+$  располагаются на границе анод — электролит, свободные же электроны  $e$  направляются с анода по проводнику во внешнюю цепь, совершают полезную работу на нагрузке  $R$ , теряют часть своей энергии и возвращаются на катод (положительный электрод). Здесь замедленные электроны присоединяются к атомам поступающего кислорода, которые взаимодействуют с молекулами воды из электролита, образуя отрицательно заряженные гидроксильные ионы  $OH^-$ . Эти ионы, перемещаясь к аноду, встречают на его поверхности

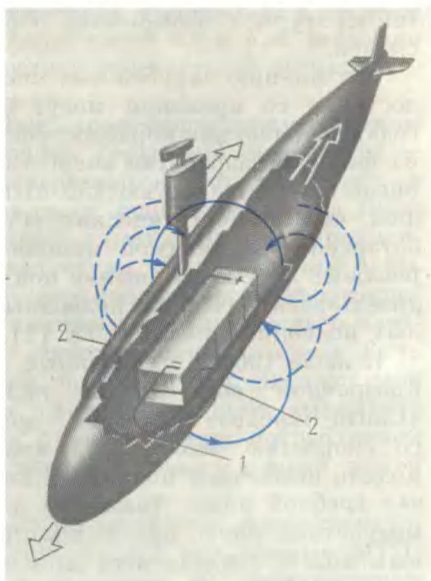
Схематическое изображение модели подводной лодки С. Уэя.

1 — электромагнитная обмотка, 2 — электроды — электрический ток, ——— магнитное поле

положительные ионы водорода и вступают в них в реакцию, образуя воду, избыток которой удаляется из корпуса ТЭ.

Таким образом, работа ТЭ сводится к двум непрерывным процессам: ионообменному внутри ТЭ (в электролите) и электронному во внешней цепи. В этом основное отличие ТЭ от обычных устройств для сжигания топлива с выделением только тепловой энергии. На него не распространяются ограничения цикла Карно, и поэтому потенциально возможен ТЭ с КПД, близким к 100 %. У отдельных типов ТЭ КПД достигает 80 % и более, что в 2—3 раза выше, чем у электромашинных генераторов. Кроме того, ТЭ сохраняет высокую экономичность во всем диапазоне мощностей. Предполагается, что подводная лодка с ТЭ сможет плавать в подводном положении без дозаправки топливом несколько недель.

Но ТЭ свойственны и серьезные недостатки, главный из которых — сложность формирования батарей большой мощности — связан с тем, что ТЭ является низковольтным источником постоянного тока и выходное напряжение одного элемента не превышает 1—2 В. Для получения достаточно большой мощности и напряжения единичные ТЭ приходится собирать в так называемые модули, из которых формируется батарея путем параллельно-последовательного их соединения, аналогично тому, как это делается при составлении аккумуляторных батарей. К существенным недостаткам ТЭ относят их ограниченный ресурс, высокую стоимость топлива и особенно катализаторов, а также повышенную чувствительность топлива и окислителя к загрязнению и изменению



температуры с возможным образованием взрывоопасных смесей.

По мнению зарубежных специалистов, указанные недостатки со временем могут быть преодолены. В 60-х годах Управление кораблестроения США привлекло одну из фирм к разработке энергетической установки на натриевых ТЭ мощностью 750 кВт с массой в 15 раз меньшей, чем у энергетических установок с аккумуляторной батареей сопоставимой мощности. Одновременно планировалось переоборудование под эту установку нескольких дизель-электрических подводных лодок и постройка малых подводных лодок с ТЭ [1].

В июле 1966 г. удивленные зрители наблюдали, как в прозрачной воде бухты калифорнийского яхт-клуба «Санта-Барбара» подобно дрессированному дельфину со скоростью около 2 уз маневрировала трехметровая модель необычной подводной лодки, у которой отсутствовал гребной винт. Движение модели обеспечивало взаимодействие токов, наведенных в морской воде, с магнитным полем, создаваемым размещенными на ней электромагнитами.

Известно, что электромагнитная сила возникает при пропускании электрического тока через проводник, размещенный в магнитном поле. На этом принципе основана работа электродвигателя, в котором ток, идущий по обмотке якоря, взаимодействует с магнитным полем электромагнитов, в результате чего возникает момент, вращающий якорь.

Внутри корпуса модели подводной лодки в горизонтальной плоскости была уложена обмотка, питаемая аккумуляторной батареей напряжением 30 В, создающая магнитное поле. От той же батареи электрический ток подавался на изолированные от корпуса и находящиеся в непосредственном контакте с забортной водой наружные электроды. При подаче напряжения на электроды с учетом того, что ток течет под прямым углом к магнитным силовым линиям постоянного магнитного поля, на каждый элементарный объем забортной воды (в данном случае выполняющей роль проводника), начинают действовать результирующие силы магнитного и электрического полей (силы Лоренца), которые стремятся отбросить воду назад вдоль корпуса модели, что заставляет последнюю двигаться вперед.

Модель этой лодки создал американский инженер — специалист в области магнитогидродинамики Стюарт Уэй, который еще в 1958 г. начал работы в этом направлении, но столкнулся с непреодолимым препятствием. Чтобы для подводной лодки создать достаточно мощное магнитное поле, потребовался постоянный магнит массой около 500 тыс. т. Постоянный магнит мог быть заменен гораздо более легким и компактным электромагнитом, но и в таком варианте возникала трудноразрешимая задача — размещение на борту корабля источ-

ника питания для электромагнита мощностью в десятки тысяч киловатт. К реализации своей идеи Уэй вернулся в 60-х годах, когда появились компактные сверхпроводящие магнитные системы.

Электрическим машинам, трансформаторам, линиям электропередач присущ очень серьезный недостаток — в процессе работы они нагреваются. Это ненужное, а вернее вредное тепло возникает вследствие закона Джоуля — Ленца, в соответствии с которым ток, проходящий по проводнику, расходует на сопротивление часть своей энергии. Состояние сверхпроводимости характеризуется отсутствием таких потерь, в результате чего плотность тока в обмотке из сверхпроводника может быть примерно в 50 раз большей, чем в медной, охлаждаемой водой. Вследствие этого сверхпроводящая магнитная система способна работать с очень малым потреблением электроэнергии, так как однажды возбужденный в ней ток не затухает.

Устройства, работающие на принципе магнитогидродинамического эффекта, сокращенно называемые МГД-двигателями, по типам разделяются на индукционные и кондукционные. В первых передача мощности от источника электроэнергии осуществляется непосредственно заборной воде безэлектродным индуктивным способом. В кондукционных МГД-двигателях электрический ток подводится к заборной воде с помощью электродов. Каждый из указанных типов МГД-двигателей может быть с внешним полем и в канальном исполнении. Примером кондукционного МГД-двигателя с внешним полем является модель С. Уэя.

В МГД-двигателе канального исполнения индукционного типа магнитное поле создается рядом обмоток переменного тока. Под действием магнитного поля в заборной воде, заполняющей канал, индуцируются короткозамкнутые электрические токи, в результате взаимодействия которых с бегущим магнитным полем, создаваемым обмотками, возникает электромагнитная объемная сила, обуславливающая движение воды в канале. При истечении воды через сопло возникает реактивный эффект — сила тяги, движущая лодку.

Конечно, реализация идеи МГД-двигателя применительно к подводной лодке потребует решения ряда очень сложных проблем. Сверхпроводимость обмоток электромагнита обеспечивается при температуре окружающей среды, близкой к абсолютному нулю. Для этой цели ис-

пользуется ранее упоминавшийся сосуд Дьюэра, очень низкая температура в котором поддерживается криогенной системой, работающей по замкнутому циклу. Размещение сосуда Дьюэра на подводной лодке является очень сложной конструктивной задачей, так как он должен поддерживать сверхпроводящие обмотки и экраны и в то же время передавать корпусу подводной лодки развиваемый МГД-двигателем упор. При этом должны быть исключены «тепловые мостики», так как они будут добавочно нагружать криогенную систему, вплоть до выхода ее из строя. А в этом случае нарушится явление сверхпроводимости, обмотка возбуждения перейдет в нормальное состояние, запасенная в ней энергия приведет к перегреву обмотки, быстрому вскипанию жидкости в криогенной системе и разрушению сосуда Дьюэра.

Для обеспечения скрытности лодки и ее безопасности при минно-торпедном противодействии противника необходимо обеспечить достаточно быстрое уменьшение магнитной индукции поля по мере удаления от корабля. Возможны и другие аспекты этой проблемы. Так, в Японии в процессе испытаний моделей лодок с МГД-двигателями выяснилось, что при электролизе заборной воды из нее выделяются в значительных количествах водород и хлор, позволяющие обнаружить подводную лодку. Необходимо учитывать и воздействие магнитного поля на экипаж лодки, для чего потребуются специальная биологическая защита. Весьма сложной конструктивной задачей является обеспечение ударо- и взрывостойкости оборудования.

Однако, несмотря на указанные сложности, перечень которых можно продолжить, за рубежом существует мнение, что они в принципе разрешимы, а силы и средства, затраченные на их преодоление, будут компенсироваться серьезными преимуществами подводной лодки с МГД-двигателем. Характерно, что работами С.Уэя заинтересовалось руководство ВМС США<sup>1</sup>. В Японии с 1976 г. исследуются модели судов с МГД-двигателями, а уже в 1990 г. планируется спустить на воду опытное судно-катамаран водоизмещением около 2000 т с МГД-двигательной установкой. Там же рассматривается возмож-

---

<sup>1</sup> Баранов А. П., Кузнецов С. Е., Попов Ю. В. Электрогидрореактивные двигатели для судов.— Судостроение, 1982, № 12, с. 25—28.

ность создания быстроходного подводного танкера с МГД-двигателем водоизмещением около 10 тыс. т. По мнению японских специалистов, в 21 в. МГД-двигатель получит признание на водном транспорте<sup>1</sup>. Время покажет, насколько реальна такая перспектива.

## К ПАТЕНТАМ ПРИРОДЫ

Бионика обнадёживает. Дельфин-  
учитель. Двигатель П. Митурича

История науки и техники изобилует примерами, когда прогресс в той или иной области приостанавливался, а разрешение трудной проблемы приходило со стороны, путем заимствования новых исходных начал из других областей знаний. В последние десятилетия все большее признание получает творческое содружество биологов с инженерами, математиками, физиками и химиками. Биологи собирают исходные данные, которые отбирают, обобщают, проверяют и интерпретируют специалисты в других областях науки. На этой основе возникла новая наука — бионика.

Природа в результате длительного отбора целесообразных форм и методов достигла результатов, о которых человек пока может лишь мечтать. До сих пор он не сумел создать конструкций, повторяющих принципы живых существ, — ни в сухопутном транспорте (нога), ни в авиации (машущее крыло), ни в судостроении (перемещение за счет волнообразных движений хвоста и туловища). Гребной винт — изобретение человеческого ума — природа не сочла достаточно эффективным и не снабдила им ни одного из морских обитателей. И не ошиблась. Ведь по своей эффективности двигательные комплексы рыб и морских животных значительно превосходят самые совершенные гребные винты. Академик В. В. Шулейкин, исследуя движение рыб, вычислил, что КПД их двигательного комплекса достигает 65—83 %.

---

<sup>1</sup> Судостроение за рубежом, 1985, № 9, с. 91—93.

Кораблестроители проявляют особый интерес к науке, занимающейся раскрытием гидробиологических закономерностей и использованием их в практике. Это направление, возникшее на стыке классической гидродинамики, с одной стороны, и биологии, с другой, и получившее название гидробоники, все громче заявляет о себе. Одним из основных направлений гидробоники является разработка рациональных форм и методов снижения сопротивления тел, движущихся в водной среде, и новых движительных комплексов.

С древнейших времен судостроители обращали внимание на морских обитателей, заимствуя в них формообразования, но подражание носило чисто интуитивный характер. Ученые наших дней знают, что различные формы тела рыб и морских животных подчинены определенным математическим правилам. Строение головы, форма хвоста, плавников — все у обитателей рек, морей и океанов соответствует способу и скорости передвижения. Профиль одной из самых быстроплавающих рыб — тунца — приближается к ламинаризованному профилю, найденному теоретически и экспериментально в аэродинамических лабораториях. А зачем бивень меч-рыбе? Возможно, он необходим для соответствующего обтекания ее тела струями воды. Ведь скорость меч-рыбы достигает 70 уз. На этом основании исследователи предполагают образование на кончике меча кавитационной каверны, охватывающей переднюю часть туловища. Бивень как бы «организует» каверну и восстанавливает плавное обтекание струйных потоков вокруг тела рыбы.

Одним из «учителей» кораблестроителей стал дельфин, отдельные виды которого способны развивать скорость до 25 уз. Наблюдались случаи, когда дельфин сталкивал с курса торпеду, как бы вызывая ее на состязание. Но дело не в абсолютной величине скорости животного. В 1936 г. английский зоолог Джеймс Грей установил, что сопротивление дельфина при его движении в воде, рассчитанное обычным для судостроения способом, оказывается в 8—10 раз больше того, которое способна преодолевать мускулатура животного. Ведь мышечная сила у всех млекопитающих, в том числе и китообразных, в пересчете на килограмм массы мышц примерно одинакова. Напрашивается вывод, что каким-то весьма эффективным способом дельфин снижает сопротивление своего туловища. Это несоответствие, получившее название «парадокс Грея», заставило начать работы

в направлении, которое недвусмысленно подсказал сам профессор:

Природа сконструировала дельфина много совершенней, чем человек подводную лодку или торпеду.

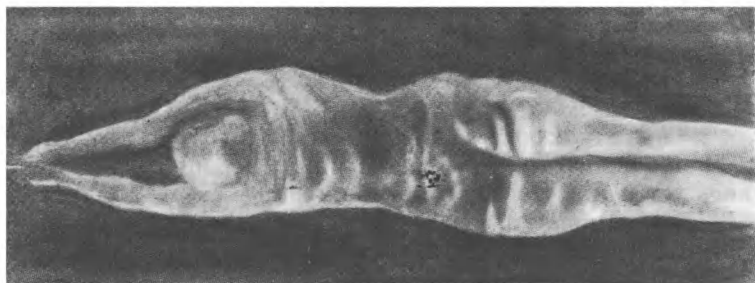
В попытках разгадать «секрет дельфина» высказывались различные предположения. Большинство сходилось на том, что дельфин благодаря своей гладкой и эластичной коже в сочетании с жировым слоем демпфирует возмущения воды и тем самым создает вокруг себя ламинарный пограничный слой, снижая сопротивление. Механизм ламинаризации объясняли следующим образом: кожа животного представляет собой гладкую эластичную диафрагму, чувствительную к колебаниям давления, которые имеют место в пограничном слое, обтекающем дельфина. Под диафрагмой находятся каналы, наполненные жидкостью, которая, свободно перемещаясь в них под воздействием кожи-диафрагмы, действует как демпфер, поглощая часть кинетической энергии турбулентного потока и тем самым ламинаризируя пограничный слой.

Высказывалось мнение, что для значительного уменьшения сопротивления кожа дельфина должна не пассивно, а активно демпфировать возмущения в пограничном слое, для чего существует какой-то физиологический процесс, способный управлять изменениями свойств кожи. Известный французский исследователь океана профессор О. Пикар высказал предположение, что нервные окончания в кожном покрове морских животных улавливают изменение давления, предшествующее переходу ламинарного режима обтекания в турбулентный, и через центральную нервную систему передают соответствующие сигналы на демпфирование кожи.

Кожа дельфина в передней части его туловища (особенно хорошо обтекаемой) почти не имеет кровеносных сосудов, в то время как к хвостовой части (где обычно возникает турбулентность и растет сопротивление) количество кровеносных сосудов постепенно возрастает. В связи с этим существует версия, что усиленная циркуляция крови пульсирующего характера в хвостовой части животного как бы демпфирует поверхность, уменьшая турбулентность потока.

Некоторые специалисты считают, что большая часть туловища дельфина участвует в создании движущей силы, т. е. туловище животного одновременно выполняет функции корпуса и движителя. В момент резких





Волновые деформации кожи дельфина, стремительно бросающегося на добычу, и тела пловчихи, буксируемой под водой со скоростью свыше 4 уз

ускорений на коже возникают волнообразные складки, распространяющиеся от головы к хвосту, которые называют бегущей волной. При этом как бы сбрасываются возникающие турбулентные вихри и снижается сопротивление. Но для образования бегущей волны необходимы мускульные усилия. Следовательно, управляющая кожей дельфина мускулатура должна непрерывно работать и постоянно находиться в напряжении, что изнурительно для животного. Исследователи осуществили оригинальный эксперимент, в котором участвовали профессиональные пловчихи и дельфины средней величины. Контуры тела женщины плавные, что вызвано особенностями костно-мышечного аппарата и сравнительно большим слоем подкожного жира. Под слоем жировой клетчатки и у дельфинов, и у женщин залегают локомоторные мышцы. Спортсменок буксировали под водой с разной скоростью. Испытания фиксировались на киноленту. Обнаружилось, что при скорости свыше 4 уз на торсе и бедрах пловчих появлялись волнообразные складки. При снижении скорости складки исчезали. Известно, что у человека нет никаких специальных мышц для движения кожи и сама кожа для этого не приспособлена. Следовательно, волнообразные складки на теле спортсменок образовывались под влиянием гидродинамического воздействия. Из эксперимента следовало, что мускулату-

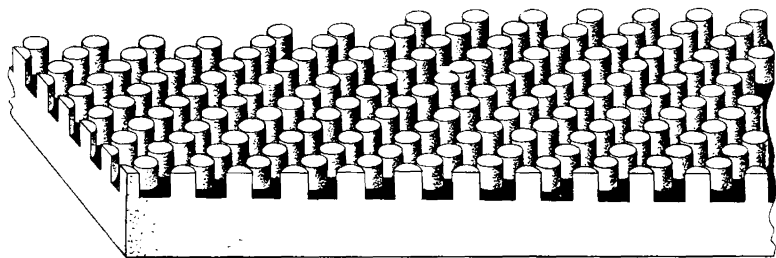


Схема покрытия типа «кожа дельфина»

ра дельфина не принимает участия в образовании бегущей волны.

Интерес к скоростным качествам морских обитателей не ограничился предположениями и опытами. Одним из первых в 1938 г. немецкий ученый М. Крамер предложил обеспечивающее ламинарное обтекание корпуса покрытие, имитирующее наружный покров тюленей, для чего разместил на поверхности покрытия тонкие упругие проволоочки, расположенные очень близко одна к другой и ориентированные вдоль набегающего потока. Крамер предполагал, что демпфирование турбулентных пульсаций в пограничном слое будет осуществляться за счет сил трения между водой и проволоочками. Опыты были прерваны с началом второй мировой войны. Позже Крамер сосредоточил внимание на изучении движения дельфинов с целью уменьшения сопротивления ракет и торпед. В последние два года существования фашистской Германии он возглавлял исследовательскую станцию управления ракетами и с небезызвестным В. Фон Брауном принимал участие в создании ракеты «ФАУ-2». Оказавшись после войны в США, Крамер продолжил исследования, направленные на создание покрытия для подводных лодок и торпед, названного «кожей дельфина».

Покрытие представляло собой сложную резиновую оболочку толщиной около 2 мм с гладкой наружной поверхностью. Внутренняя сторона оболочки множеством расположенных в шахматном порядке резиновых столбиков соединялась с внутренним слоем резины такой же толщины, наклеенным на поверхность корпуса подводной лодки. Пространство между столбиками, представляющее собой множество капиллярных сосудов, заполнялось органической жидкостью с относительно большой вязкостью. По замыслу Крамера, пока режим обтекания в пограничном слое будет ламинарным, покрытие должно вести себя как жесткая поверхность, при этом демпфирующая жидкость находится в покое, а поверхность диафрагмы остается гладкой. При возникновении в пограничном слое колебательных или волновых движений на

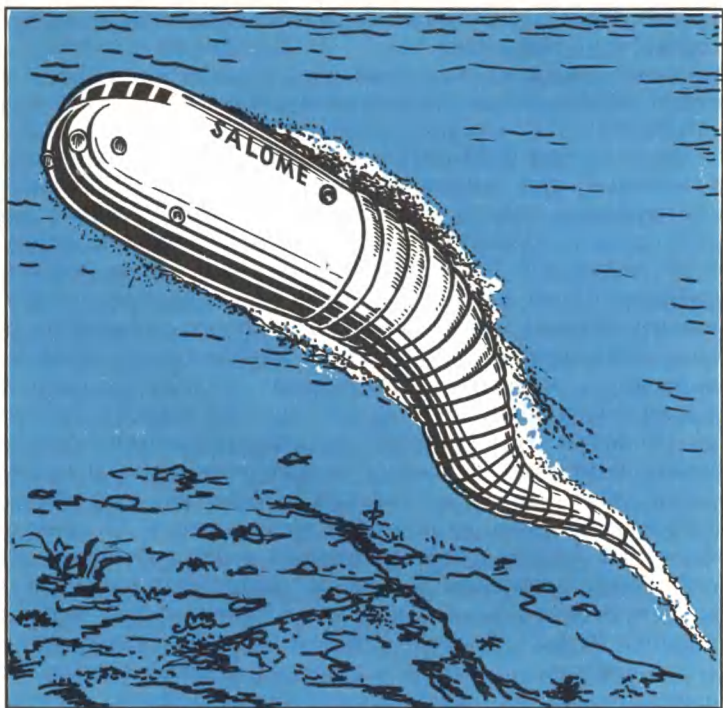
гребне и впадине волны появится разность давлений, что вызовет распространение волнообразования вдоль покрытия и колебания резиновой оболочки, а через нее и демпфирующей жидкости. При этом турбулизация пограничного слоя должна снижаться, а вернее, переход ламинарного режима обтекания в турбулентный будет отодвигаться в область больших скоростей подводной лодки.

По аналогичному принципу было разработано покрытие «ламинофоло», применение которого на торпедах позволило без изменения мощности двигателя увеличить их скорость в 1,5—2 раза [12].

О применении покрытия Крамера на подводных лодках не сообщалось. Можно предполагать, что на пути реализации этой идеи возникли значительные технические трудности, связанные с тем, что в отличие от торпеды — оружия одноразового использования, движущегося к цели с постоянной скоростью, в условиях подводного корабля покрытие должно быть эффективным в интервале его скоростей, а следовательно, в соответствующей полосе частот, на которые оно и должно настраиваться с учетом турбулентности набегающего потока, местных возмущений и различных гидродинамических помех.

Существует мнение, что кожный покров дельфина обладает такими особенностями, которые свойственны лишь живой активной оболочке, и если гидродинамическое сопротивление дельфина при прочих равных условиях в несколько раз меньше, чем у твердого тела, то это, по-видимому, является результатом комплексного влияния еще не раскрытых специфических особенностей гидродинамики живого организма в целом (формы тела, нестационарности его движения, демпфирующей способности кожного покрова, гидрофобности кожи и т. д.). Но несмотря на подобные взгляды, моделирование активного действия, характерного для кожного покрова морских животных, продолжает рассматриваться как одна из перспективных проблем кораблестроения.

Определенные надежды специалисты по гидробионике связывают с так называемым нестационарным движителем, создающим тягу колебаниями несущей поверхности, имеющими конечную амплитуду, подобно движению хвостового плавника или туловища морского обитателя. Некоторые исследователи считают, что принцип нестационарности движителя, по-видимому, и лежит в основе экономичности передвижения рыб и морских животных, так как они совершают туловищем и плавниками сложные изгибно-крутильные колебания, согласованные между собой таким образом, что при равномерном посту-



Модель подводного судна с волновым двигателем

пательном движении затрачивается очень небольшое количество энергии.

Первым обратил внимание на нестационарный движитель еще в 20-е годы, когда не существовало само понятие бионики, наш соотечественник известный художник и талантливый изобретатель Петр Васильевич Митурич, предложивший использовать в качестве движителя гибкий корпус самого судна, совершающий волнообразные движения. Как указано в свидетельстве на изобретение № 33418 от 8 января 1930 г., движитель представлял собой

«приводимые во вращение изогнутые стержни, расположенные внутри эластичного корпуса, в целях сообщения этому корпусу при помощи шатунов, связанных со стержнями, волнообразного движения».

Идея была столь необычна, что специалисты поторопились отнести ее к области фантазии. Хотя Митурич по-

строил модель и испытал ее в Сокольническом пруду в Москве, они говорили:

Мы, судостроители, боремся с гибкостью судов, а вы ищите в ней какие-то динамические возможности. Смело до безумия, но фантастично и неактуально<sup>1</sup>.

Прошло около 40 лет, и к идее волнового движителя обратились два американских студента, построившие действующую модель подводной лодки без гребного винта и рулей. Эластичная оболочка обтягивает корпус, разделенный на 17 равных частей, каждая из которых снабжена парой магнитных колец. Пара состоит из внутреннего кольца, магнитная сила которого зависит от подаваемого электрического тока, и внешнего, являющегося постоянным магнитом. Внутренние кольца закреплены на корпусе, а внешние — на внутренней стороне эластичной оболочки. При изменении тока, питающего электромагнит внутреннего кольца, изменяется сила притяжения к нему внешнего кольца. Оболочка сокращается за счет изменения параметров тока во всех 17 электромагнитных кольцах, искусственный хвост совершает волнообразные движения и модель бесшумно движется со скоростью около 2 уз. Ну, а если судну нужно всплыть или повернуть? Для этих целей кольца разделены на четыре сектора, при этом к каждому сектору внутренних колец подводится автономное электропитание. Подавая ток к двум секторам, можно вызвать волнообразное движение только одной стороны корпуса и модель поворачивается. При подаче питания на нижние или верхние секторы она, соответственно, всплывает или погружается.

Общий принцип движения модели тот же, что и предложенный Митуричем, но конструктивное решение иное и более рациональное. Так ведь за прошедшие с той поры десятилетия во всех областях науки и техники был достигнут огромный прогресс. Например, благодаря развитию химии удалось создать эластичный и прочный материал для оболочки. Достижения в электротехнике позволили сделать электромагнитный движительный комплекс. П. В. Митурич был первым, а первым всегда намного труднее.

Конечно, при создании подобной подводной лодки проблем будет в изобилии. Но несмотря на ожидаемые трудности, этой идеей заинтересовалось военно-морское

---

<sup>1</sup> Пекелис В. Добавление к одной биографии — Наука и жизнь, 1968, № 10, с. 116.

ведомство США, согласившееся финансировать проектно-исследовательские работы.

Однако не следует переоценивать возможности бионики. Ведь совершенные биологические системы появились в результате естественного отбора, осуществлявшегося по принципу: отбирать все лучшее из уже существующего. Но до настоящего времени все еще сохранились примитивные системы, о чем не следует забывать, рассчитывая использовать изобретения природы в качестве прототипов, ключей к более совершенной технике.

Заканчивается наш рассказ. В исторически короткий срок подводная лодка качественно изменилась. Сравнительно недавно, плавая, как правило, в надводном положении, лодка обычно раньше обнаруживала противника, чем он ее. Дым из труб, мачты и надстройки являлись гораздо более приметными ориентирами, чем низкий силуэт подводного корабля. Погрузившись, лодка внезапно атаковала торпедами. Ответный удар осуществить было непросто. Меняя скорость и глубину погружения, подводная лодка отрывалась от преследовавших ее надводных кораблей, несмотря на то, что их скорость была намного большей. Но, проигрывая в скорости, она маневрировала в трехмерном водном пространстве, в то время как надводный корабль «привязан» к поверхности воды. АЭУ сделала подводную лодку истинно подводным быстроходным кораблем, способным без всплытия на поверхность совершать кругосветные переходы. Достигнутое не является пределом. В военно-морских кругах США высказываются прогнозы, что прогресс в атомном подводном кораблестроении позволит уже в относительно недалеком будущем создать быстроходные глубоководные лодки, практически неуязвимые для сил и средств противолодочной обороны. Не следует, однако, забывать, что упомянутые силы и средства также не останавливаются в своем развитии, но это — тема не нашей книги...

1. Алексеев Г. Н., Муругугов В. С. Морские подводные двигатели. М.: Транспорт, 1964.
2. Андреев В. И. Борьба на океанских коммуникациях. М.: Воениздат, 1961.
3. Белецкий Л. Подводная лодка. Л., 1925.
4. Быховский И. А. Корабельных дел мастера. Л.: Судпромгиз, 1961.
5. Герасимов В. Н., Дробленков В. Ф. Подводные лодки империалистических государств. М.: Воениздат, 1962.
6. Гидробионика в судостроении. ЦНИИТЭИС, 1970.
7. Глубинный дозор. Сборник / Сост. Ю. М. Сорокин. М.: Молодая гвардия, 1978.
8. Голов Д. Подводное судоходство. СПб., 1905.
9. Дмитриев В. Строительство подводного флота в межвоенный период. — Военно-исторический журнал, 1974, № 10.
10. Дробленков В. Ф., Герасимов В. Н. Угроза из глубины. М.: Воениздат, 1966.
11. Емельянов Л. А. Советские подводные лодки в Великой Отечественной войне. М.: Воениздат, 1981.
12. Зуев Г. В. Живые ракеты. Киев: Наукова думка, 1970.
13. Карно С. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. М. — Л.: Госиздат, 1923.
14. Корытов Н. Корабельные движители. — Морской сборник, 1974, № 1.
15. Лобеф М., Стро Г. Подводные лодки / Пер. с французского. Л. — М.: изд. НКО СССР, 1934.
16. Лоуренс У. Л. Люди и атомы. М.: Атомиздат, 1967.
17. Святлов Г. И. Атомные подводные лодки. М.: Воениздат, 1964.
18. Стволинский Ю. Конструкторы подводных кораблей. Лениздат, 1984.
19. Суворов Н. С., Иванов В. П., Федоров В. П. Современные боевые корабли. М.: Изд-во ДОСААФ, 1978.
20. Трусов Г. М. Подводные лодки в русском и советском флоте. Л.: Судпромгиз, 1963.
21. Хийянен Л. П. Развитие зарубежных подводных лодок и их тактики. М.: Воениздат, 1979.
22. Jane F. Fighting ships. 1914—1985.

# УКАЗАТЕЛЬ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

- «Абукир» 70  
 «Адмирал Шеер» 102  
 «Акула» 52, 55—57, 114, 158  
 «Альбакор» 129—133  
 «Аргонавт» 60  
 «Архимед» 64  
 «А-4» 54  
 «А-5» 54  
 «Барракуда» 124, 131, 135  
 «Барбел» 131  
 «Барс» 57, 58, 68, 75  
 «Брандтаухер» 14, 16  
 «Бреслау» 67  
 «Вандал» 54  
 «Венчурер» 135  
 «Вильгельм Густлов» 101  
 «Волк» 114  
 «Вэлиант» 146  
 «V» 59  
 «W-80» 88, 91, 100, 104  
 «Гальвани» 68  
 «Ганза» 101  
 «Генерал Штойбен» 101  
 «Гэтоу» 98, 135  
 «Гидростат» 17  
 «Гленард П. Липскомб» 140  
 «Гойя» 101  
 «Голланд» 46, 66, 131  
 «Густав Зеде» 37—40  
 «Декабрист» 93, 94  
 «Дельфин» 48, 49, 54  
 «Джек» 137, 138, 140  
 «Джордж Вашингтон» 136  
 «Долфин» 140, 143—145  
 «Доротея» 12  
 «Дредноут» 146  
 «Дюпюи де Лом» 64  
 «Д-3» 102  
 «Е-1» 95  
 «Жимнот» 37, 38  
 «Змея» 57  
 «I 8» 98  
 «Игл» 9  
 «Иктино» 43  
 «Инфлексибл» 147  
 «Иса Рейс» 67  
 «Итен Аллен» 141  
 «Кайман» 55, 56  
 «Кайриу» 117, 118  
 «Кайтен» 118  
 «Камбала» 66  
 «Карась» 66  
 «Карп» 66  
 «Касатка» 49  
 «Кета» 47, 51, 114  
 «Клермонт» 12  
 «Корейджес» 103  
 «Корсер» 131  
 «Корю» 117, 118  
 «Краб» 67  
 «Красногвардеец» 93  
 «Кресси» 70  
 «Ксения» 114  
 «Кугуар» 57  
 «К-21» 102  
 «Q-244» 147  
 «Лагранж» 68  
 «Ленинец» 94, 95  
 «Ленинский комсомол» 147—149  
 «Леопард» 114  
 «Лос-Анджелес» 145  
 «Л-3» 101  
 «Метеор» 119  
 «Минога» 52, 54, 55  
 «Миноносец № 113» 48  
 «Миноносец № 150» 48  
 «Морзе» 41  
 «М-172» 102  
 «Нарвал» 41—43, 45, 46, 57, 68, 123, 139, 140  
 «Народоволец» 93  
 «Наутилус» 9—11, 22, 30, 127—129, 134, 146  
 «No.15» 68  
 «Оберон» 84  
 «Огайо» 145  
 «Омега» 60  
 «Паллада» 70  
 «Патфайндер» 69  
 «Перпойс» 123  
 «Петр Кальви» 98  
 «Плонжер» 22, 23, 63  
 «Поллак» 158  
 «Почтовый» 61—63, 110  
 «50 лет СССР» 148  
 «Революционер» 93  
 «Редутабль» 84, 147  
 «Резолюши» 147  
 «Ройал Оук» 103  
 «Роланд Марилот» 84  
 «Рубис» 147  
 «Ro.57» 98  
 «Свифтшур» 146  
 «Сивулф» 128  
 «Сирена» 38, 98  
 «Скат» 114  
 «Скейт» 133  
 «Скипджек» 134, 136, 137  
 «Сом» 51  
 «Спартаковец» 93  
 «Стерджен» 158  
 «Сюркуф» 75, 76  
 «С-13» 100, 101  
 «С-56» 102  
 «Таллиби» 139, 140  
 «Тирпиц» 102  
 «Трешер» 133, 137, 138  
 «Трафальгар» 147  
 «Тэнг» 123  
 «U-1» 65, 66  
 «U-9» 70  
 «U-31» 68  
 «U-139» 71, 72, 74, 75  
 «U-864» 135  
 «U-1407» 119, 120  
 «U-2511» 116  
 «Фельдмаршал граф Шереметьев» 114  
 «Феникс» 121  
 «Фока» 54  
 «Фултон» 46, 49, 54  
 «Хаген» 123  
 «Ханли» 25  
 «Хаузатоник» 25  
 «Хог» 70  
 «X-1» 75, 119, 121  
 «H-201» 116  
 «На-201» 116  
 «Черепаша» 8, 9  
 «Шарль Брун» 60  
 «Шитозе» 117  
 «Щ-402» 102  
 «Экскалибер» 120  
 «Эксплорер» 120  
 «Якобинец» 93



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
1. САМЫЕ ПЕРВЫЕ . . . . .	5
Начало . . . . .	5
<i>Наутилус</i> и другие . . . . .	9
Несбывшаяся надежда . . . . .	14
Пар и воздух . . . . .	17
Давид сокрушает Голиафа . . . . .	22
Судьба таланта . . . . .	26
Обращение к электричеству . . . . .	29
2. ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕИ . . . . .	37
Электрические подводные лодки . . . . .	37
На пороге перемен . . . . .	41
Первенцы подводного флота России . . . . .	47
На базе дизеля . . . . .	52
В поисках единого двигателя . . . . .	59
Накануне мировой войны . . . . .	63
3. РЕАЛЬНАЯ СИЛА . . . . .	69
Удары из-под воды . . . . .	69
На что затрачивается мощность? . . . . .	73
В чем суть проблемы? . . . . .	83
Совершенно секретно... перекись водорода . . . . .	88
Диктует обстановка . . . . .	91
4. ГРОЗНОЕ ОРУЖИЕ . . . . .	100
Чудо не состоялось . . . . .	100
Вторая жизнь идеи . . . . .	108
И снова дизель-электрические . . . . .	113
На пределе возможного . . . . .	119
5. В НОВОМ КАЧЕСТВЕ . . . . .	125
На атомной энергии . . . . .	125
Не мощностью единой . . . . .	129
Новые корабли — новые проблемы . . . . .	133
Прорыв в глубину . . . . .	140
Без права отставать . . . . .	145
6. ПОИСК ПРОДОЛЖАЕТСЯ . . . . .	150
Реабилитация водометного движителя . . . . .	150
В разных направлениях . . . . .	153
Практически бесшумные . . . . .	158
К патентам природы . . . . .	165
Список литературы . . . . .	174
Указатель кораблей и судов . . . . .	175

## Самые нелегкие пути к Нептуну

Эта книга о прошлом, настоящем и будущем подводных лодок, об основных вехах в эволюции их боевых и главным образом ходовых качеств. В ней рассказывается о важнейших событиях в истории подводного плавания, о достижениях и ошибках, которыми был щедро усыпан путь первопроходцев в одной из самых сложных областей военной техники. Показана роль отечественных изобретателей, инженеров и ученых разных поколений в совершенствовании кораблей глубин.

