



СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

<i>Семенова В.Ю., Тан Хтун Аунг.</i> Определение амплитуд качки судна в условиях мелководья на основании трехмерной теории.....	4
<i>Бестужева А.Н.</i> Пространственная задача о волновых движениях жидкости вокруг конуса.....	14
<i>Сухоруков А.Л.</i> Об использовании амортизирующих и демпфирующих устройств при подъеме груза с большой глубины в условиях волнения моря.....	22
<i>Векслер В.Я.</i> Оработка обводов подводных объектов с использованием компьютерных технологий проектирования для улучшения их гидродинамических характеристик.....	48
<i>Егоров С.К.</i> Исследование влияния удлинения корпуса на ходовые качества торпед и подводных аппаратов.....	58
<i>Лев И.Г., Виноградов Н.И., Нисневич М.З.</i> Об определении коэффициентов гидродинамического сопротивления и оценке характеристик вибрации плохообтекаемых гибких связей по данным морских испытаний.....	68
<i>Байтуганов М.В., Курносов А.А., Рудко А.А.</i> Формирование тактических решений по комплексному применению разнородных средств с учетом гидроакустической совместимости	85

Конференции

Решение X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (ГА-2010).....	92
--	----

Из истории науки

100 лет со дня рождения И.П.Гинзбурга (<i>Акимов Г.А., Максимов В.В.</i>).....	96
Поздравляем!	102
Хроника	104
Правила представления материалов в редакцию.....	109

CONTENTS

Articles

- Semenova V.U., Than Htun Aung.* The Determination of the Ship Motion Amplitudes in Shallow Water by Means of the Three-Dimensional Theory..... 4

This paper describes the solution of the problem of the ship motions in regular waves in shallow water by means of the three-dimensional source technique. The unknown velocity potentials are represented with the help of the Green function of three-dimensional pulsating source. Results of the computations of surge, sway, heave, roll, pitch and yaw amplitudes for different depth parameter h/T are presented. Finally, the considerable influence of the shallow water effect on the amplitudes of different motion modes is graphically illustrated and discussed.

Key words: ship motions, shallow water, pulsating source, Green-function, amplitudes, depth of water.

- Bestuzheva A.N.* 3D-Problem of Wave Motion in a Fluid Around a Cone..... 14

Stationary wave motion of an ideal non-compressible fluid in a domain limited by a free surface and an infinite cone with the vertex on a free surface is considered. Wave motion is caused by the bottom movement. The problem is set for the velocity potential within the framework of the linear dispersion theory. By means of integral transforms the solution of the problem is reduced to a functional equation which has a solution in the particular cases. In assumption of smallness of angle between liquid free surface and cone surface analytic solution of the problem which contains dependencies from inclination angle is made.

Key words: linear dispersion theory, waves, ideal fluid, cone.

- Sukhorukov A.L.* On the Use of Shock-Absorbing and Damping Devices for Lifting Loads from Deep Waters under Various Sea States..... 22

Nowadays there is a tendency to development of ever deeper oil and gas fields due to depletion of hydrocarbon reserves onshore. Thus lots of lifting operations have to be carried out during infrastructural development of such fields. The present work, on the basis of Fourier finite integral transformation method, gives solution to the problem of lifting loads from deep waters taking into consideration wave and dissipating processes in lifting ropes. To reduce forces additional shock-absorbing and damping devices are introduced into the system. The effect of these devices on maximum forces realized in the system during the process of load lifting is currently being analysed.

Key words: load lifting, sea state, rope, wave process, shock-absorber, damper, integral transformations.

- Vekslyar V.Ya.* Underwater Object Outline Working-off Using Computer Design Technologies in Order to Improve Their Hydrodynamical Characteristics.... 48

Algorithm is given for development of underwater object outer architecture when design computer technologies are used based on hydrodynamic and hydroacoustic criteria for outline quality evaluation when prototype is not available. Methodology of primary design process of outline shape with choice of the qualifiers is described. Geometrical and mathematical models are developed on the basis of these qualifiers. These models assist in calculation of architectural surfaces being initial information in application programs of hydrodynamics and hydroacoustics, the main purpose is to solve variational design problems.

Key words: underwater object, propulsor, hydrodynamics, hydroacoustic, mathematical model.

<i>Egorov S.K.</i> Investigation of the Effect of Body of Revolution Lengthening on the Propulsion Performance of Torpedoes and Underwater Vehicles.....	58
--	----

The theoretical and numerical research of body of revolution lengthening effect on required power, conditioned by its drag coefficient and drag area, at constant velocity and the constant efficient volume are represented.

Key words: propulsion, the body of revolution, lengthening, specific volume of the power complex.

<i>Lev I.G., Vinogradov N.I., Nisnevich M.Z.</i> On Definition of Hydrodynamic Resistance Factors and Estimation of Vibration Characteristics of Bluff Cables According to Sea Tests.....	68
---	----

Results of data processing of sea tests of bluff cables are described. Approximation of hydrodynamic functions of loading according to aerodynamic tests is specified and values of hydrodynamic factors for straight-line 3-strands and 6-strands steel cables according to tests in water are defined at critical angles of attack. For the cables bent in a stream the empirical formulas are received, allowing to define factors of normal resistance depending on a combination of set tow-parameters. According to tension and configuration of flexible cables in a stream it is offered then to estimate some characteristics of hydroelastic vibration.

Key words: bluff cable, critical angles of attack, cable bent in a stream, set tow-parameters, hydroelastic vibration.

<i>Baituganov M.W., Kurnosov A.A., Rudko A.A.</i> Tactical Solutions Forming of Dissimilar Tools Complex Application Taking into Account Hydroacoustical Compatibility.....	85
---	----

Basic concepts and maintenance methods of hydroacoustic compatibility of dissimilar systems and tools that are placed on one carrier and are functionally united to solve various problems are outlined. Situational approach is suggested to control the complicated underwater object in dynamically changing signal clutter situations.

Key words: hydroacoustic compatibility, complex application, situated management, signal clutter situation.

УДК 629.5.015.2: 629.5.024.3

© В.Я.Векслер

ОАО «Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит»
malach@mail.ru

ОТРАБОТКА ОБВОДОВ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Изложен алгоритм разработки внешней архитектуры подводных объектов при использовании компьютерных технологий проектирования на основе гидродинамических и гидроакустических критериев оценки качества обводов при отсутствии прототипа. Приведена методика начального процесса проектирования формы обводов с выбором их определителей, которые служат основой разработки геометрических и математических моделей, для обеспечения расчетов поверхностей архитектуры в качестве исходной информации в прикладных программах гидродинамики и гидроакустики в целях решения вариационных задач проектирования.

Ключевые слова: подводный объект, движитель, гидродинамика, гидроакустика, математическая модель.

Обостряющаяся в настоящее время борьба за планетарные ресурсы (прежде всего, энергетические) сопровождается возрастанием в мире интереса к интенсификации практического изучения и освоения акватории и глубин Мирового океана, площадь которого составляет около 71 % поверхности Земли. Борьба за энергоресурсы тесно увязывается с необходимостью расширения и поиска их новых запасов. Понятно, что комплексному решению стоящих задач обязательно должно сопутствовать и увеличение активности изучения физики океана, отражающей не только жизнь и внутренние процессы океанов, но и жизнь планеты в целом, включая и формирование климата на Земле [1].

Решить все предстоящие проблемы, связанные с активным освоением Мирового океана, невозможно без стимулирования проектирования и разработки, а также создания ряда специальных надводных и, главное, подводных технических средств (ТС) и подводных объектов (ПО) различного назначения, которые должны представлять по сути совсем новые неординарные сложные системы. Новые морские ПО должны обладать достаточно хорошей ходкостью, обеспечивающей не только высокие пропульсивные качества работы движителя, но и его гидроакустические характеристики. При этом необходимо обратить внимание на наличие взаимосвязи между проблемами снижения шумности и обеспечения экологии окружающей биологической среды. На современном уровне развития техники в наибольшей степени шумность движения ПО, подобно их прототипу в военной сфере – подводных лодок (ПЛ), в основном определяется составляющей, вызванной гидродинамическими источниками. В то же время уровень гидроакустического излучения современных морских ТС и ПО (аналогично ПЛ) будет зависеть, главным образом, от акустической оптимизации проектирования наружных обводов корпуса и выступающих частей, представляющих собой внешний архитектурный облик ПО, а также от соответствующих достигнутых пропульсивных и акустических характеристик работы движителя.

К настоящему времени уже накоплен достаточно большой опыт проектирования ПЛ, который может служить основой для разработки методики проектирования морских

ПО специального назначения, связанного с освоением Мирового океана. В первую очередь, должны учитываться определенные физические проявления в окружающей водной среде, вызванные взаимодействием ПО с набегающим потоком при его движении с присущей для него ходкостью. Причем термин «ходкость» включает не только пропульсивные и скоростные качества ПО, но и гидроакустические характеристики, которые определяют возможности его использования по назначению. Данные характеристики ПО зависят от многих факторов. Это не только тип и конструкция движителя, но и конфигурация наружной архитектуры корпуса ПО, комплектация и форма составляющих ее элементов, параметры энергетической установки (максимальная мощность, частота вращения движителя), общие размерения корабля и его сопротивление при движении в водной среде. Таким образом, эти характеристики в одинаковой мере определяются как эффективностью мероприятий, предложенных гидродинамиками, так и общепроектными решениями, которые закладываются в процессе проектирования в конкретный ПО. Надо учитывать, что при проектировании приходится поступаться некоторыми качествами ПО, поскольку одновременно достичь требуемых пропульсивных и гидроакустических характеристик, как правило, весьма затруднительно из-за противоречивости путей решения поставленной задачи [2]. Вопросы ходкости и гидродинамической шумности ПО неразрывно связаны между собой и отделять их друг от друга практически невозможно, поэтому понятие «ходкость» ПО следует рассматривать как способность двигаться с заданной скоростью при минимальных энергетических затратах, а также с минимальными уровнями шумов гидродинамического происхождения.

Чтобы обеспечить постоянный прогресс в рассматриваемом направлении необходимо вести проектирование ПО/ПЛ как единого комплекса «корпус ПО-двигатель» уже с самых начальных этапов проектирования. К концу 1990 гг. по итогам комплекса исследовательских работ, проведенных в ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова» для ПЛ были окончательно оформлены экспериментально-теоретические методы прогнозирования различных видов шумов, порождаемых работой движителя, и установлены зависимости отдельных факторов, определяющих уровни этих шумов (неоднородность потока, формируемого корпусом ПЛ, влияние каждого из геометрических элементов движителя - гребного винта и т.д.).

В начале 1980 гг. были подробно обследованы дополнительные возможности уменьшения неоднородности потока в месте расположения движителя за счет оптимизации формы корпуса и выступающих частей с учетом их взаимного расположения (рис. 1-3) [3, 4]. Причем, как показали исследования, существенное значение для снижения неоднородности и нестационарности потока, натекающего на гребной винт (ГВ), имеют переходные обтекатели (зализы) в области притыкания выступающих частей к корпусу – так называемые наплывы (рис. 4).

В настоящее время общая процедура оптимального выбора отдельных элементов системы «корпус ПО – движитель» выглядит следующим образом.

На раннем этапе проектирования ПО/ПЛ, когда предварительно определены габаритные размеры и мощность энергоустановки, необходимо рационально выбрать номинальную частоту вращения ГВ, которая не может иметь однозначного значения. На малых высокоскоростных ПО можно использовать энергоустановки с более высокой частотой вращения, чем для крупногабаритных объектов. В любом случае относительный диаметр ГВ (по отношению к ширине корпуса) должен составлять величину не менее 0.40-0.45, что поддается расчету на раннем этапе проектирования. После определения общепроектных характеристик ПО существенную роль начинают играть гидродинамические факторы, а именно: формирование проектантом формы обводов архитектуры, зафиксированной в виде теоретического чертежа корпуса и выступающих частей. При этом следует ориентироваться на рекомендации, которые имеются по данным результа-

тов и анализа предыдущих исследований и модельных экспериментов, но допускающих индивидуальный подход к их реализации в зависимости от назначения и особенностей предполагаемой эксплуатации проектируемого ПО.

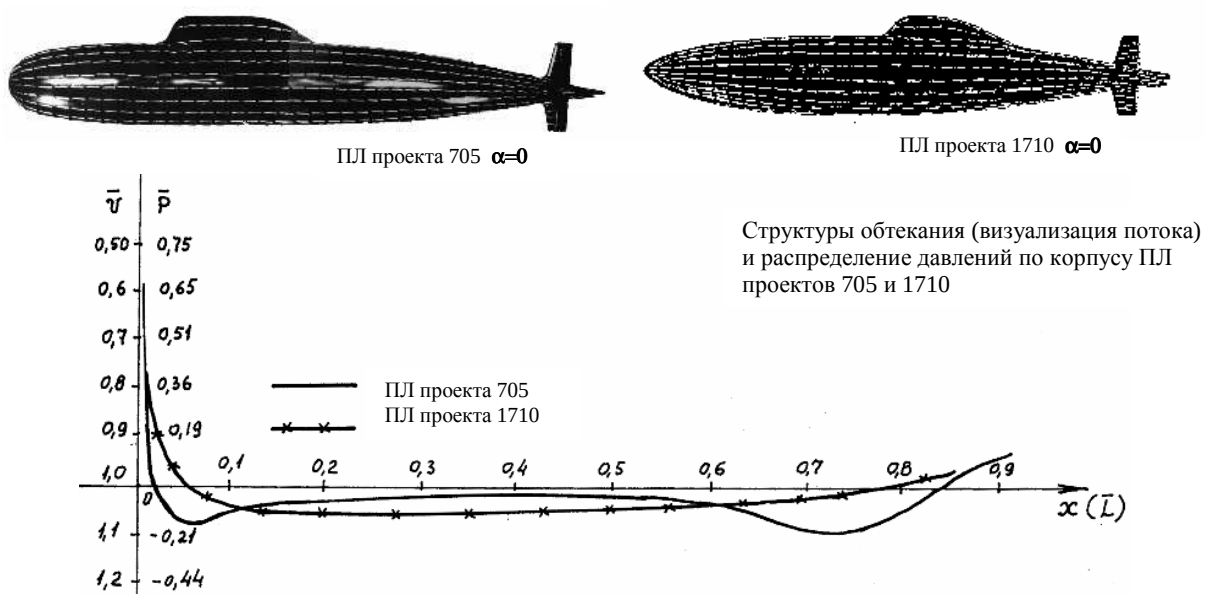


Рис. 1. Критерии выбора обводов внешней архитектуры для подводных объектов.

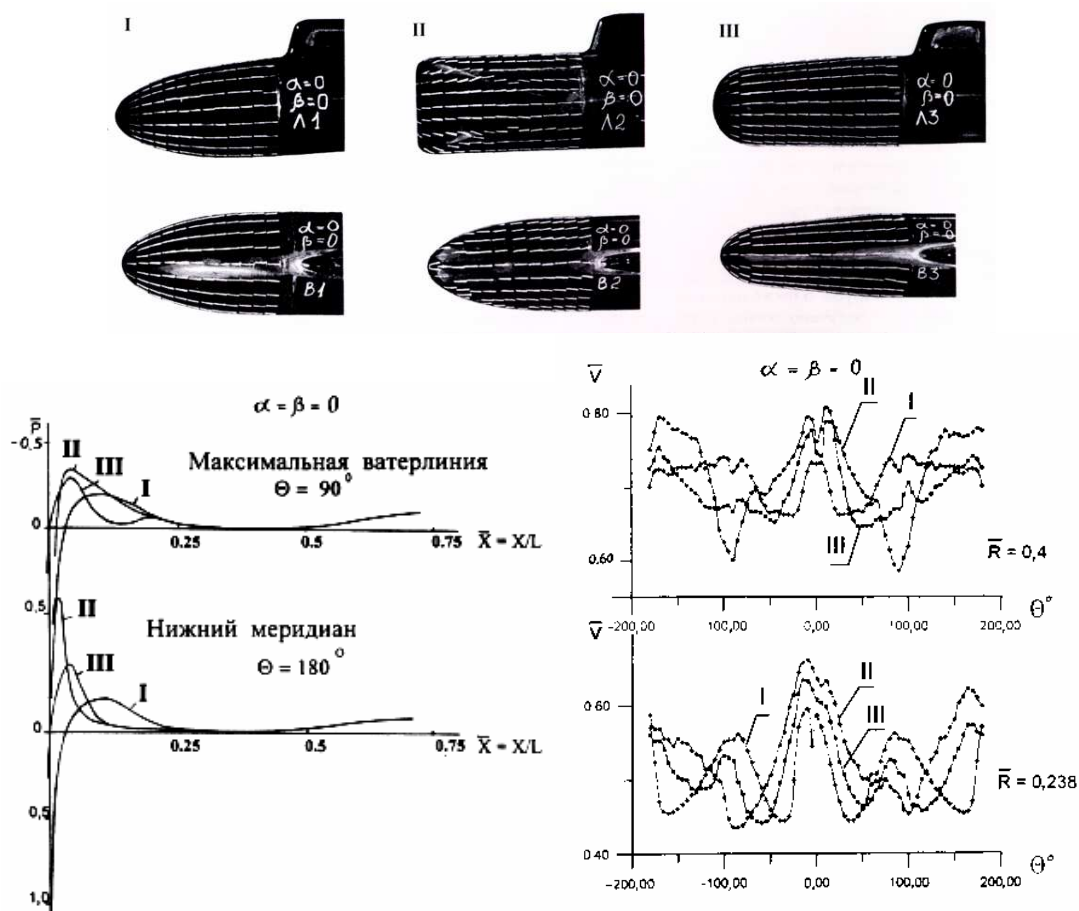


Рис. 2. Структура обтекания, распределение давления по корпусу и поля скоростей в диске гребного винта для вариации моделей носовых оконечностей ПО при углах атаки $\alpha=\beta=0$.

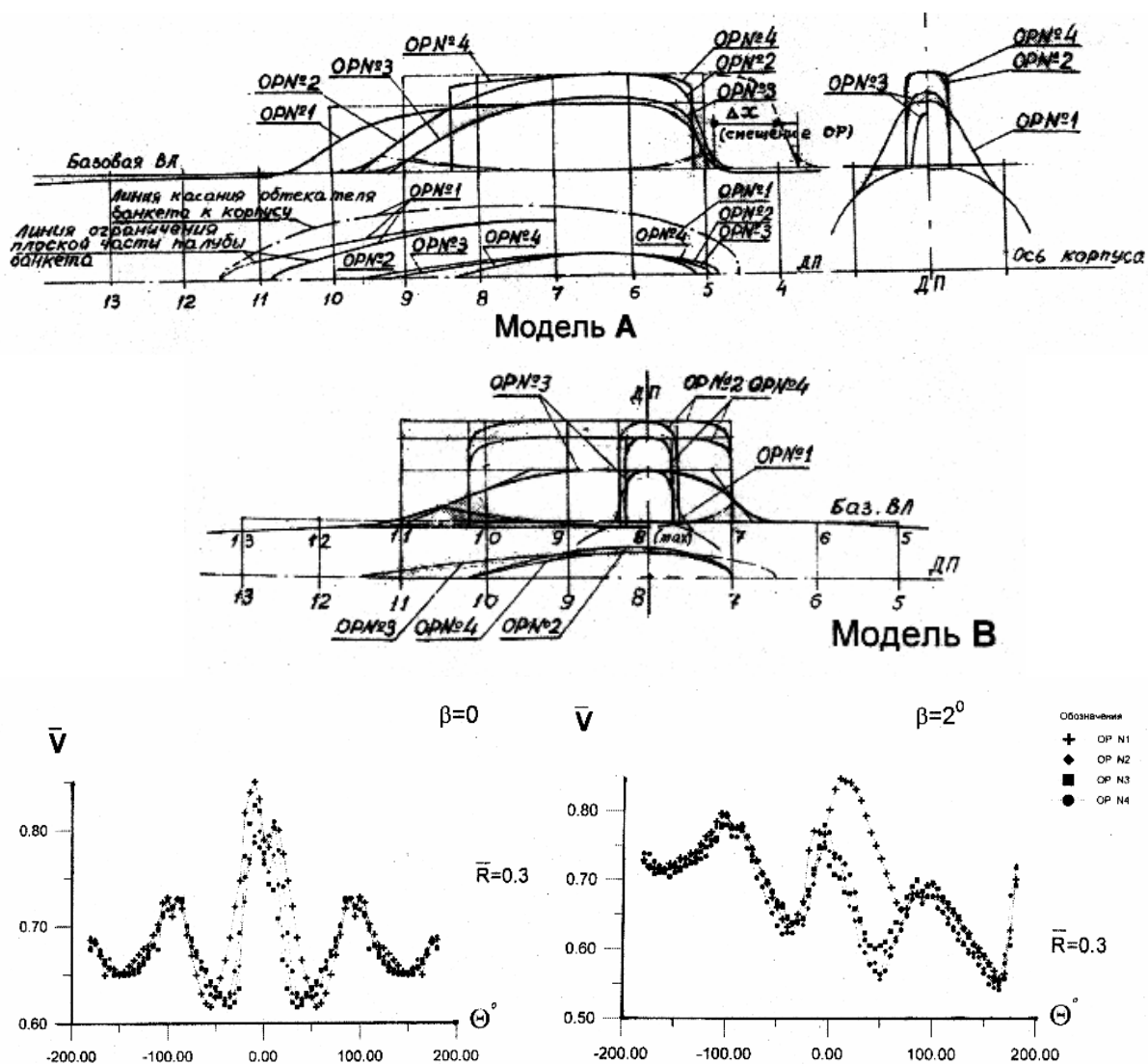


Рис. 3. Структура неоднородности потока в диске гребного винта для вариации форм ограждения выдвижных устройств.

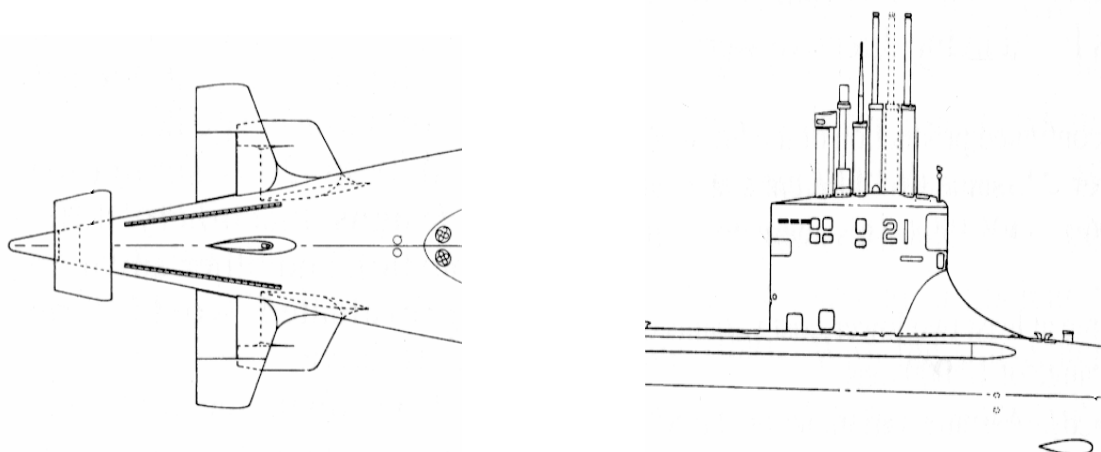


Рис. 4. Обтекатели выступающих частей (наплывы) на примере подводной лодки «Seawolf».

Иногда применяемые решения могут иметь компромиссный характер, где совместное взаимодействие и понимание проектантов ПО и ГВ направляются на достижение конечного успешного результата. Важным этапом на этом пути является начальное

формирование обводов ПО и его главных размерений, при этом особая роль принадлежит проектантам ПО, их умению максимально прислушаться к мнению специалистов-гидродинамиков. Обычно при существующей практике проектирования вторым этапом формирования обводов (на стадиях эскизного и технического проектов) является их детальная экспериментальная отработка на моделях, выполняемых в опытовом бассейне и аэродинамической трубе, когда на основе исходного варианта корпуса ПО осуществляется лабораторный поиск дополнительных возможностей более благоприятного оформления корпуса и выступающих частей (при их заданных габаритах и местах расположения на корпусе).

Однако в настоящее время при проектировании ПО еще до проведения детальной отработки на моделях уже имеются условия и средства для аргументированной отработки или уточнения обводов с определением их качества на основе использования прикладных программ: визуализации обтекания корпуса, выступающих частей и других элементов архитектуры, распределения давления по корпусу, структуры полей скоростей в диске гребного винта (ДГВ), определения силового воздействия набегающего потока на корпус с его параметрами и т.д. На их основе можно предварительно (не приступая ещё к проведению необходимого цикла модельных экспериментов) оценивать элементы и характеристики управляемости, маневренности, ходкости, шумности и вибрации, параметров шума работающего движителя (ГВ) и физических полей, сопровождающих движение ПО, в том числе гидродинамического следа за корпусом и т.д. [5], а также решения других вариационных задач в целях достижения оптимизации наружной архитектуры и движителя ПО с позиций гидродинамики и гидроакустики. Все эти задачи могут быть выполнены, если известно математическое обеспечение куда составной частью должно обязательно включаться математические модели геометрического образа обводов наружной архитектуры ПО, которые находятся во взаимодействии с набегающим потоком. Основой ММ комплекса обводов наружной архитектуры ПО являются геометрические модели элементов, ее составляющих, с их математическим описанием. Однако для формирования машинной ММ необходимо иметь математическое обеспечение, объединяющее математические модели ПО, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур, на базе которых разрабатывается программное обеспечение расчета положения любых необходимых координат точек обводов ПО (поверхностей архитектуры).

Работа существующих в настоящее время прикладных программ гидродинамики (ВГД) или по английской версии (CFD) основана на использовании в расчетах уже известных машинных ММ реальных обводов. По этой причине для получения наибольшей объективности результатов расчетов геометрия архитектуры ПО должна учитываться и описываться с достаточной полнотой.

Образцом подобного программного обеспечения-пакета программ служат зарубежные *Fluent*, *Star-CD*, *CFX* и др. Из отечественных подобных разработок можно упомянуть *Flow Vision*, которая, к сожалению, по своим возможностям пока отстает от зарубежных программ, что связано, не в последнюю очередь, с нашим отставанием в использовании высокопроизводительных компьютерных систем. Прикладные программы гидродинамики включают специальные программы построения расчетных сеток, обработки и анализа полученных результатов и развитой графический интерфейс.

Иллюстрацией подобных расчетов может служить картина обтекания турбулентным потоком модели ПЛ SUBOFF (рис. 5), полученной с помощью пакета программ *Flow FES* (метод *LES*). На рис. 6 отображено формирование потока в районе ГВ, где показывается визуализация организации направлений линий потока перед ГВ, на основе которой можно установить и наблюдать закономерность взаимодействия движителя с корпусом, а также выполнить анализ и спрогнозировать условия его работы.

В настоящее время при практическом проектировании использование существующих прикладных программ ВГД – для решения задач гидродинамики и гидродинамических реакций потока при его встрече с обводами корпуса – в полном объеме не предусматривается.

На смену существующим методам ВГД должны придти методы вычислительной гидродинамики, позволяющие прогнозировать практически любые гидродинамические характеристики объекта проектирования. Хочется отметить, что при применении этих методов представляются следующие возможности:

- обеспечение визуализации потока вблизи корпуса и выступающих частей, особенно в районе обтекателей, наплывов и в районе работающего движителя с учетом его взаимодействия с корпусом;
- определение гидродинамических полей;
- выполнение полномасштабных вариационных исследований с целью решения проблем оптимизации проектирования;
- обеспечение сознательного подхода в постановке задач проведения комплекса исследований в НИИ для возможности выполнения окончательных корректировочных отработок обводов на гидродинамических моделях по итогам экспериментов в специальных лабораториях (кавитационной трубе, опытовым бассейне, аэродинамической трубе и т.д.).

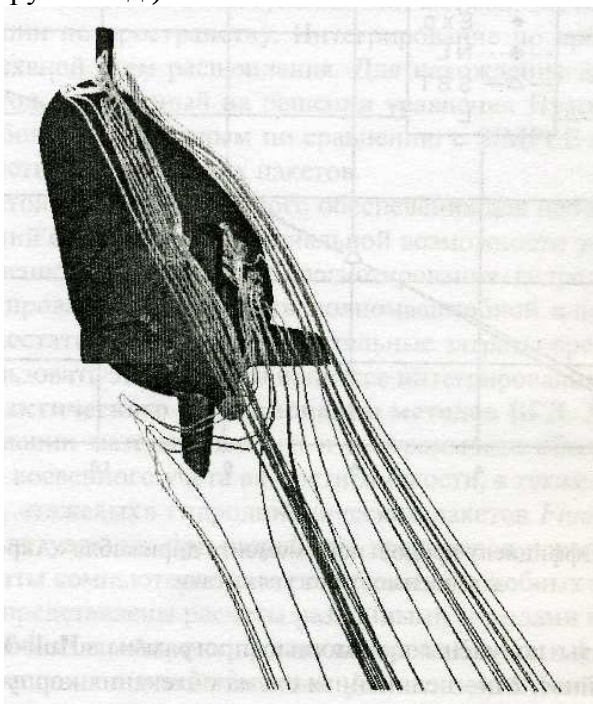


Рис. 5. Обтекание корпуса ПЛ SUBOFF.

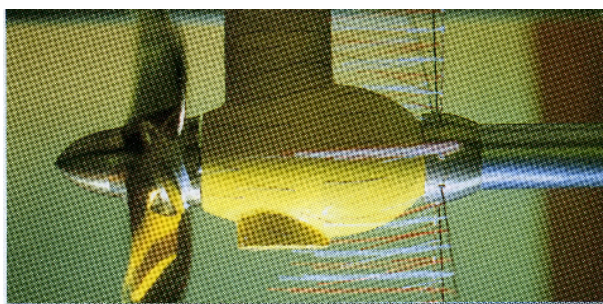


Рис. 6. Визуализация обтекания ГВ.

Как уже отмечалось, основой для решения всех стоящих задач гидроакустики в случае использования и внедрения методов ВГД в практическое проектирование и разработку ПО является наличие возможности подготовки математического и программного обеспечения обчислений всей геометрии обводов внешней архитектуры проектируемого ПО, включающей выступающие части и обтекатели. Опыт конструкторских разработок, а также выпуска рабочей документации для ПЛ проекта «Барс» и IV поколения показал, что такая возможность появилась с разработкой и внедрением в ОАО "СПМБМ «Малахит» кинематического метода геометрического моделирования судовой поверхности – единого для использования на всем цикле проектирования (начиная с самых ранних стадий) вплоть до выпуска рабочей документации на этапе подготовки производства [6-10].

Суть разработанного метода заключается в выборе геометрических определителей поверхностей корпуса и выступающих частей, подчиняющихся критериям гидродинамики и акустической отработки обводов, а также в целесообразности их выбора, когда носителями и переносчиками критериев становятся формообразующие опорные контура, задан-

ные кривыми второго порядка (КВП). В формообразующих опорных контурах отражаются особенности, которые могут принадлежать только определенному конкретному элементу архитектуры корабля. Формированием закономерности системы сочетания и построения опорных контуров для каждого проектируемого элемента архитектуры (корпуса, выступающей части, обтекателя и т.д.) прогнозируются основные направления линий тока и одновременно в соответствии с принятой системой положения контуров относительно друг друга обеспечивается увязка всех частей поверхности (отсеков) в единый объект элемента архитектуры. В то же время, в случае необходимости (на основе данных расчета, модельных испытаний, решения технологических проблем и др.), предоставляется возможность оперативного выполнения корректировки (генерирования) обводов.

Первоначальный выбор геометрии определителей, в которых отражается форма конструируемого элемента, основан на построении и задании опорных контуров с образованием при их помощи поверхности элемента в целом. Причем при задании опорных контуров ставится задача прогнозирования структуры обтекания конструируемого элемента (см.рис. 1), для чего с самого начала используются известные критерии гидроакустической отработки обводов. В начале проектирования, при выборе геометрии определителей формы, указанные критерии сориентированы только на имеющийся задел, связанный с накопленным опытом практического проектирования, а также на рекомендации, которые сформулированы на основе данных предыдущих исследований и модельных экспериментов, выполненных до начала проектирования данного ПО.

Предпочтительность отбора метода КВП для математического описания опорных контуров (из всех известных математических методов) обусловлена тем, что в основе расчета этого класса кривых заложены правила, аксиомы, принципы и свойства теории проективной геометрии, где отсутствуют угловые показатели. Поэтому методом КВП предусмотрено такое задание формирующих опорных контуров и их образмеривание, где значения угловых параметров заменены отношениями отрезков. Эта особенность позволила «стандартизировать» КВП, которые используются при математическом описании опорных контуров, за счет графического представления кривых в «инженерном виде» при их записи в обобщенном нормализованном виде (в относительных координатах) с наличием готового (в общем виде) решения для различных вариантов формы и отображения кривых. Приведенное представление КВП обеспечило пригодность применения их уравнений для расчета любого вида отображения опорных контуров с заданной абсолютной точностью вычислений (независимо от абсолютных размеров конструкций). Таким образом, функции КВП приобрели значение «модульных» зависимостей для математического описания любой конфигурации компонентов определителей обводов элементов архитектуры ПО.

Следующим уровнем «стандартизации» и унификации метода является разработка алгоритмов для типового формирования геометрических моделей элементов архитектуры с их объединением в «модульные схемы» задания обводов каждой из частей архитектуры (рис. 7), которые позволяют варьировать дизайн конструкций в широком диапазоне изменения формообразований обводов (практически при любой их сложности). Форму обводов, представляемых таким образом, можно корректировать не только за счет выбора определителя элемента архитектуры, но и путем варьирования параметров образмеривания формы опорных контуров (в цифровом или графическом виде), имеющих аналог закрепления (образмеривания) параметров формы, который применяется в машиностроении для деталей машин и механизмов.

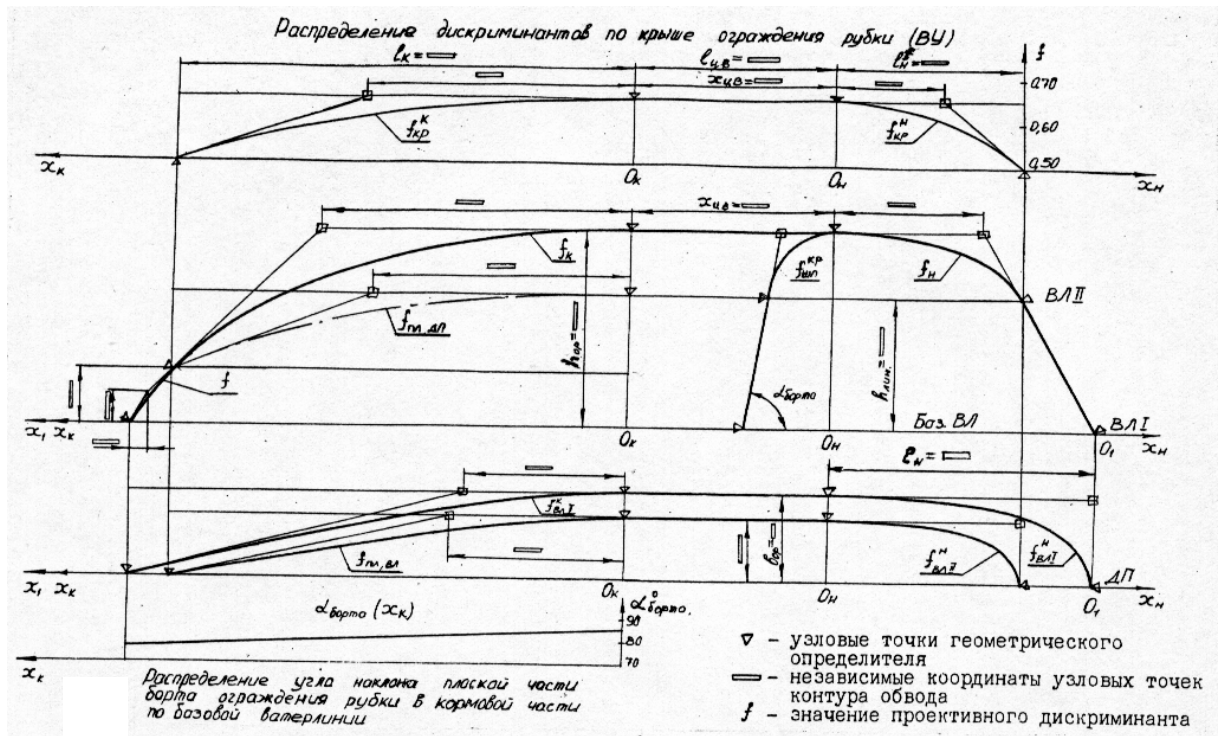


Рис. 7. Типовой определитель выступающей части – ограждения выдвижных устройств, который представляет из себя модульный компонент архитектуры ПО.

При изложенном подходе к конструированию и дизайну обводов архитектуры ПО неверный выбор критериев обтекания приводит к появлению на спроектированной поверхности источников вихреобразования, что может быть обнаружено в процессе использования расчетов по методам ВГД или же в ходе проведения специализированных модельных испытаний ПО. При изложенном подходе к проектированию обводов архитектуры параметры проявления гидродинамических и гидроакустических факторов обтекания через посредничество опорных контуров тесно увязываются с габаритными размерами и формой комплектующих элементов наружной архитектуры ПО. Это означает, что таким способом обеспечивается корреляционная связь между геометрической формой обводов и проявлением гидроакустических характеристик обтекания. Вследствие подобной корреляционной связи каждой форме обвода элемента архитектуры при взаимодействии с набегающим потоком соответствует проявление соответствующих гидроакустических проявлений, а поэтому при наличии подобной корреляции в процессе проектирования обводов за счет генерирования формы и отработки архитектуры ПО предоставляется возможность целенаправленно прогнозировать гидроакустические параметры для проектируемого ПО и добиваться положительного результата.

Таким образом, посредством управления системой опорных направляющих линий, при наличии тесной зависимости между геометрией поверхности и физическим проявлением обтекания, производится проработка всех алгоритмов математического обеспечения проектирования обводов ПО. При этом разработанный метод математического описания обводов ПО может послужить базовой основой для активного подключения прикладных программ к решению гидродинамических задач. Главной постановочной задачей для движущегося ПО может стать получение, еще до начала проведения модельных экспериментов в специальных лабораториях НИИ, корреляционной взаимной зависимости между геометрией обводов архитектуры корабля и проявлением гидроакустических факторов во внешнюю окружающую среду (см.рис. 2, 3).

Сформированная изложенным методом ММ обводов архитектуры ПО обеспечивает следующие преимущества:

- максимальное упрощение процесса проектирования поверхностей обводов ПО при экономичности использования всех устройств памяти ЭВМ;
- возможность применения в методе декомпозиции контуров/поверхностей и их ММ в случае усложнения форм составляющих компонентов ПО;
- возможность использования автоматической генерации поверхностей по дан-ным запроса в интерактивном режиме;
- легкость доступа к базе данных для входа на повторную генерацию формы об-вода при минимальном усилии и максимальном результате;
- возможность превращения интерактивной техники (программного обеспечения) в инструмент проектирования поверхностей внешней архитектуры ПО (в военном деле – ПЛ).

По результатам, полученным после обработки и анализа расчетов прикладных программ гидродинамики и гидроакустики, может предоставляться возможность прогно-зировать и результаты модельных экспериментов. Тем самым в методике проектирова-ния ПО появляется направление по обеспечению и оптимизации эффективности прове-дения научно-исследовательских работ по параметрам «срок-качество-затраты». Весь комплекс работ, связанных с учетом всех гидродинамических и гидроакустических кри-териев отработки обводов, позволяет аргументировано сформировать архитектурный облик наружных обводов ПО с получением всех необходимых данных для проектирова-ния движителя.

Однако несмотря на прогресс в развитии расчетных методов с использованием со-временной вычислительной техники очевидно, что эксперимент по-прежнему остается необходимым элементом общего оптимизационного процесса проектирования единого комплекса «корпус ПО – движитель», по крайней мере, на заключительном этапе проек-тирования.

Кроме того, нельзя отрицать, что при всем совершенстве методов расчета в процес-се проектирования обводов и ГВ (движителя) всегда присутствуют элементы своеобраз-ного искусства, основанного на предыдущем опыте; его, естественно, нельзя предста-вить в виде конкретных рекомендаций и зависимостей.

Из всего изложенного ясна реальная возможность отработки обводов ПО в системе «корпус ПО – движитель» на основе требований гидроакустики с широким использова-нием компьютерных технологий. Тем не менее, это обстоятельство не умаляет необхо-димости использования обычного (принятого в настоящее время) порядка проверки со-ответствия научно-обоснованных критериев гидродинамической и акустической отра-ботки обводов:

- рекомендаций предыдущих исследований, а также проведения натурных испы-таний до проектирования ПО, которые являются основным источником для подробного изучения ранее неизвестных явлений и факторов;
- данных и рекомендаций по итогам проведения модельных экспериментов и ис-следований в специализированных научно-исследовательских лабораториях для кон-кретного проектируемого ПО.

Одновременно выявляется особая важность и реальность широкого внедрения в практику проектирования обводов проектируемых ПО прикладных программ для реше-ния вариационных задач определения влияния гидродинамических факторов на работу системы «корпус ПО – движитель», по результатам расчетов которых удастся прогнози-ровать и выполнять оптимизацию гидроакустических параметров движения ПО.

Решению задачи оптимизации процесса проектирования в большой степени спо-собствует и предлагаемый кинематический метод геометрического моделирования судо-

вой поверхности, пригодный для использования на всех стадиях проектирования и подготовки производства. Главное преимущество метода состоит в том, что он основан на использовании «модульных» определителей формы обводов элементов архитектуры и «модульной» системы организации математического описания и задания конструируемых поверхностей, которые остаются неизменными для всего проекторочного цикла создания ПО. Другим положительным аргументом применения указанного метода моделирования обводов для разработки архитектуры ПО является изначальная увязка и выбор приоритетов проектирования формы её геометрии с позиций учета гидродинамических и гидроакустических критериев, начиная с самых ранних этапов проектирования.

При следовании рекомендуемому методу формирования обводов обеспечивается возможность решения любых проблем по управлению процессом проектирования, направленным на оперативное управление топологией формы обводов и вычислительными работами с максимальным упрощением решения проекторочных задач без ущерба качества работ, увеличения сроков и затрат на их выполнение.

Учет рекомендаций и большинства критериев гидродинамической и акустической отработки обводов внешнего архитектурного облика ПЛ серии проекта «Барс» в сочетании с использованием принципов «модульного» проектирования обводов способствовал обеспечению комплексного и системного подхода для решения стоящих проблем оптимизации функционального назначения корабля с достижением достаточно высоких характеристик по ходкости, управляемости и скрытности движения.

Литература

1. Монин А.С., Корчагин Н.Н. Десять открытий в физике океана. М.: Научный мир, 2008.
2. Чекалов С.П. Ходкость и гидроакустика подводных лодок. Проблемы и пути их решения // Сб. воспоминаний «Флагман корабельной науки». СПб.: ФГУП «ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова», 2007. Т.3. С.6-27.
3. Векслер В.Я., Жаринов А.В., Дронов Б.Ф. Влияние формы носовой оконечности на гидродинамические характеристики обтекания корпуса и шумность гребного винта // Судостроение. 1999. № 6. С.21-26.
4. Векслер В.Я., Жаринов А.В. Исследование влияния формы выступающих частей и их расположения на корпусе подводной лодки на характеристики управляемости и шумности гребного винта // 4-я Межд. конф. МОРИНТЕХ-2001. СПб. Т.1. С.146-154.
5. Гурьев Ю.В., Слуцкая М.З., Ткаченко И.В. Гидродинамические проблемы создания компьютерных тренажеров морских объектов и пути их решения // Сб. науч. тр. «Фундаментальная и прикладная гидрофизика». СПб.: Наука, 2008. № 2. С.29-44.
6. Векслер В.Я. Кинематический метод геометрического моделирования судовой поверхности на стадиях проектирования и подготовки производства // Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. СПб, 2003.
7. Веселков В.В., Векслер В.Я., Зайнуллин О.Ф. Методология геометрического моделирования поверхностей подводных лодок при проектировании и подготовке производства // Судостроение. 2003. № 2. С.18-23.
8. Векслер В.Я. Пути развития и структура современной САПР в составе CAD/CAM для подводных объектов // X Межд. конф. МОРИНТЕХ-ПРАКТИК-2009. СПб, 2009. С.109-119.
9. Векслер В.Я. Влияние гидродинамических факторов на геометрическое моделирование архитектуры подводных лодок // XL Крыловские чтения. Тез.ы докл. НТ конф. СПб, 2001. С.19-21
10. Векслер В.Я. Становление и развитие гидродинамики подводных лодок в СПМБМ «Малахит» // Судостроение. 2007 № 5.

Статья поступила в редакцию 23.11.2009 г.

