



## 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> Отработка 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 конференция «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
--	----

<b>Поздравляем!</b> .....	102
---------------------------	-----

<b>Хроника</b> .....	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 623.4.01

© М.В.Байтуганов, А.А.Курносков, А.А.Рудко

ОАО «Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит»

malach@mail.rcom.ru

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТАКТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РАЗНОРОДНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ\***

Изложены основные понятия и способы обеспечения гидроакустической совместимости разнородных систем и средств, размещенных на одном носителе и эпизодически функционально объединяемых для решения различных задач. Предлагается ситуационный подход к управлению сложным подводным объектом в условиях динамически изменяющейся помехосигнальной обстановки.

Ключевые слова: гидроакустическая совместимость, комплексное применение, ситуационное управление, помехо-сигнальная обстановка.

В современном мире война, как инструмент изменения геополитической ситуации, уступает свое место политике сдерживания конфликтов и оказания силового давления в сфере жизненно важных интересов государства. Приоритетной задачей при этом становится нанесение (угроза нанесения) неприемлемого ущерба государствам-агрессорам или группировкам вооруженных сил, участвующих в локальных конфликтах, избирательными ударами по наиболее важным военным, промышленным и политическим объектам [1].

Анализ угроз национальным интересам России в Мировом океане позволяет сделать заключение, что в современных условиях нарастают угрозы РФ со стороны государств, способных нанести массированный удар с применением носителей высокоточного оружия, действующих из акваторий, прилегающих к берегам РФ.

На первый план выходит необходимость разработки и внедрения в ВС и ВМФ РФ комплексов управления ударным оружием, обеспечивающих эффективное поражение наземных, береговых и морских целей [2].

Применительно к ВМФ это означает необходимость:

- повышения эффективности применения ракетного и торпедо-ракетного оружия;
- обеспечения боевой устойчивости носителей оружия.

В течение относительно короткого исторического отрезка времени подводные лодки (ПЛ) убедительно доказали свою большую роль не только в вооруженных конфликтах, но и в поддержании высокого уровня обороноспособности государств в мирное время. ПЛ заметно влияют на соотношение сил в каждом конкретном районе Мирового океана.

Уже более 60 лет СПМБМ "Малахит" специализируется на проектировании и разработке ПЛ различного назначения [3].

Большинство боевых задач ПЛ решается с применением морского подводного оружия (МПО) [4]. В настоящее время на комплексы управления МПО возложена задача обеспечения эффективного применения оружия с учетом целого ряда факторов: значительной номенклатуры типов целей (ПЛ, НК, мины, торпеды), разнообразия условий

---

\* В данной статье даны практические приложения результатов научных исследований.

применения (глубины, гидрология, помехи моря и пр.) и тактических ситуаций (оборонительных, наступательных). Возрастающая сложность и быстротечность боевых тактических ситуаций (ТС) приводит к необходимости комплексного применения оружия и средств гидроакустического подавления (ГПД) для обеспечения эффективного решения поставленных задач. Гидроакустическое подавление в этом случае выступает средством повышения боевой устойчивости ПЛ при решении основных боевых задач.

Одной из серьезных проблем комплексного применения оружия и средств ГПД является учет их гидроакустической совместимости.

Излучаемые в процессе комплексного применения МПО и средств ГПД гидроакустические шумы и сигналы существенным образом изменяют помехосигнальную обстановку (ПСО) вокруг ПЛ, что может привести к снижению эффективности примененного МПО вследствие акустических взаимовлияний, а также к снижению боевой устойчивости ПЛ за счет зашумления/искажения сигналов в приемных трактах гидроакустического комплекса.

В контексте настоящей статьи ПСО понимается как совокупность гидроакустических полей и сигналов, образованных за счет совместной работы систем, средств и источников преднамеренных и непреднамеренных гидроакустических помех в точках расположения приёмных устройств всех объектов, участвующих в ТС.

В силу нелинейного характера распространения акустической энергии в Мировом океане, при анализе ПСО, предваряющем оценку обеспечения гидроакустической совместимости, следует учитывать особенности расчета параметров акустических сигналов:

- аномалии распространения акустической энергии (рис. 1);
- многолучевость распространения звука в водной среде (рис. 2);
- реверберацию, возникающую при обмене информацией между объектами – реакцию среды (рис. 3).

Обеспечение гидроакустической совместимости применительно к системам и средствам ПЛ имеет ряд особенностей:

- широкие полосы рабочих частот;
- многолучевость распространения звука в водной среде;
- сопоставимые скорости перемещения объектов и скорости звука в подводной среде, отличающиеся на 2-3 порядка, в сравнении с аналогичным отношением скоростей перемещения надводных объектов и электромагнитных волн (основного носителя информации в воздушной среде), составляющим 6–7 порядков.

К тому же имеющее место пересечение частотных диапазонов работы систем, комплексов и средств ПЛ связано с необходимостью обеспечения наиболее высоких тактико-технических характеристик каждой подсистемы в отдельности, и изменение этих диапазонов практически невозможно в силу физических причин. Сложившаяся ситуация существенно ограничивает возможности применения таких традиционных способов обеспечения совместимости, как согласованная частотная сетка, адаптивные алгоритмы отстройки от помех, управление переключением частот работы отдельных систем.

Авторами предлагается ситуационный подход к решению задачи обеспечения гидроакустической совместимости комплексного применения оружия и средств ГПД, основанный на проведении "на берегу" значительного объема математических расчетов, позволяющих смоделировать указанные ситуации для широкого диапазона начальных условий (районов Мирового океана, типов объектов-участников ТС, расстановки сил, стратегий носителей оружия, ТТХ объектов и т.д.), и сформировать базу оптимальных тактических решений, позволяющих ПЛ ВМФ выполнять поставленные задачи с наибольшей эффективностью.

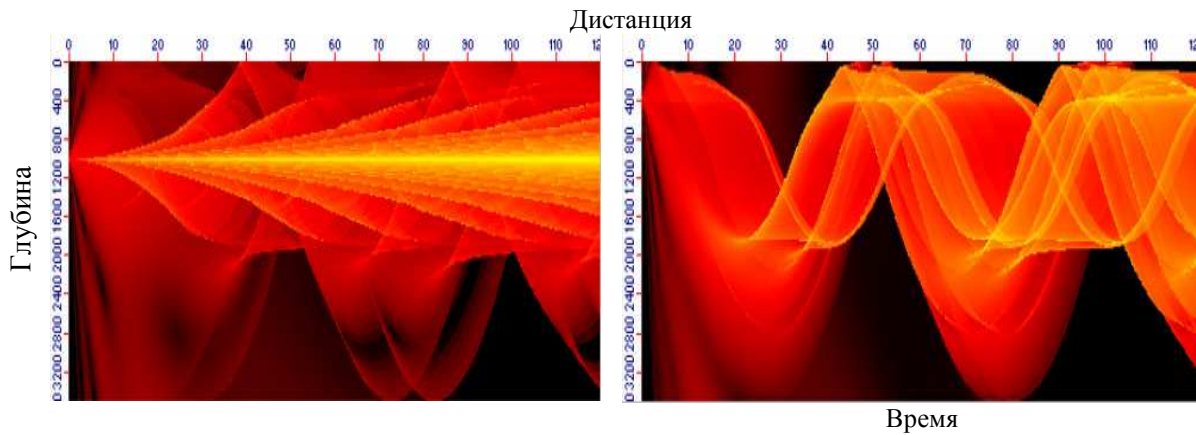


Рис. 1. Аномалии распространения акустической энергии.

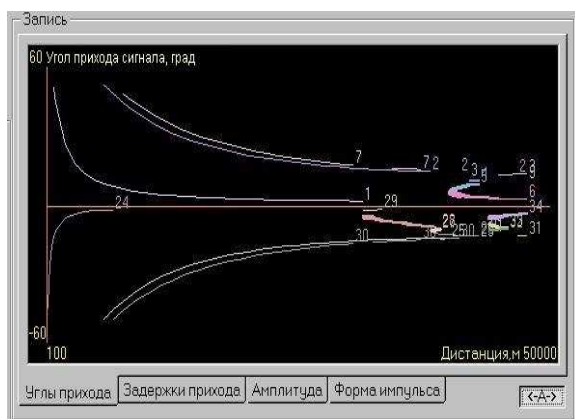


Рис. 2. Лучевая структура распространения акустической энергии.

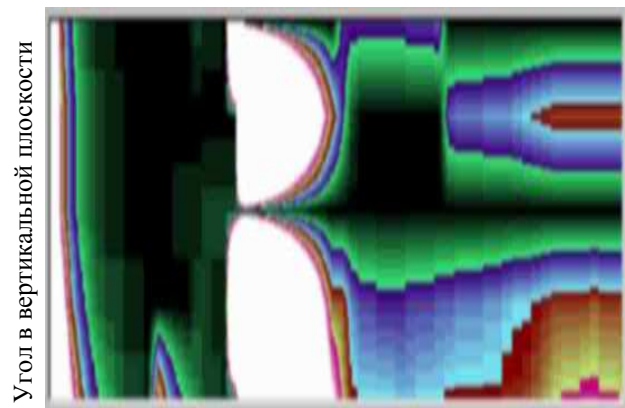


Рис. 3. Угловой спектр реверберационной помехи.

В общем виде постановка задачи соответствует постановке задач теории дифференциальных игр: взаимодействующие объекты обладают набором разнородных систем освещения внешней обстановки, систем управления, «порождаемых» в процессе функционирования объектов, набором решающих правил поведения (стратегий) в зависимости от текущей информации о внешней обстановке. Все без исключения объекты обладают определенными маневренными характеристиками и набором характеристик, способных оказывать какое-либо воздействие на те или иные системы освещения внешней обстановки других объектов - "полевой структурой". Состояние каждой из сложных систем описывается вектором некоторого фазового пространства, а движение описывается векторным дифференциальным уравнением. В рассматриваемой задаче все сложные системы перемещаются в трехмерном пространстве с лучевой структурой распространения информации и переменной помехосигнальной обстановкой, являющейся следствием функционирования сложных систем.

Цель состоит в отыскании цены игры и оптимальных стратегий одной из противостоящих сторон, при этом заранее фиксируется ограниченное число стратегий действий противоположной стороны; стратегии действий сторон являются антагонистическими.

В настоящее время указанные расчеты проводятся методами имитационного моделирования с использованием ПЭВМ, объединенных в локальные сети.

Оценка результата сеанса имитационного моделирования позволяет определить эффективность действий ПЛ применительно к конкретному тактическому решению и

осуществить осознанный выбор оптимального решения по результатам проведения цикла сеансов моделирования.

Модель оптимального управления действиями ПЛ, основанная на предлагаемом авторами подходе, представлена на рис. 4.



Рис. 4. Модель ситуационного управления действиями ПЛ.

Гидроакустическая совместимость комплексного применения разнородных средств в процессе развития ТС обеспечивается учетом физических характеристик районов боевых действий, динамического информационного взаимодействия объектов и переменной помехосигнальной обстановки за счет реализации в программном и математическом обеспечении стенда имитационного моделирования специализированных блоков расчета параметров распространения акустических волн и мониторинга физических полей. Процесс выработки оптимального ТР заключается в последовательной выборке алгоритмов, обладающих наибольшей эффективностью в данной ТС. Под эффективностью ТР в данном случае понимается отношение положительных исходов ситуации к общему числу сеансов моделирования конкретной ТС (варьируемыми параметрами при этом являются элементы начальной расстановки, отдельные ТТХ и параметры движения объектов противника, характеристики внешней среды).

С инженерной точки зрения проведение имитационного моделирования означает, в первую очередь, разработку программного комплекса - интегрированной программно-информационной среды, обеспечивающей учет всех основных факторов, влияющих на развитие ТС (стратегий действий объектов, динамического информационного взаимодействия объектов, переменной ПСО, информации об окружающей обстановке на борту носителей, ТТХ объектов, субъективного фактора управления, физических характеристик районов действий). Оценочный объем необходимых расчетов для формирования базы тактических решений составляет около 15 млрд. сеансов, оценка показателей их эффективности увеличивает эту цифру еще на один-два порядка.

В период с 2001 по 2005 гг. нашим предприятием был создан и верифицирован такой комплекс.

При разработке комплекса был использован объектно-ориентированный подход к созданию объектов и систем. В обеспечение сетевого взаимодействия созданы классы поддержки на основе технологии сокетов Windows и библиотеки классов MFC. Сетевое взаимодействие объектов и управление ими происходит через центральную программу модели. Центральная программа представляет собой серверное приложение, а программы систем – клиентские приложения.

Основными компонентами программного комплекса являются:

- модельный сервер;
- модели объектов информационного взаимодействия;
- модель среды распространения акустических волн;

- блок формирования гидроакустических полей и сигналов;
- системы документирования, обработки и отображения результатов моделирования.

Модельный сервер (центральная программа) – предназначен для управления, согласования работы и сетевого обмена между отдельными элементами программного комплекса. Модельный сервер выполняет следующие функции:

- регистрация программных моделей;
- подключение гидрологических баз данных к районам мирового океана, задание начальных параметров для проведения моделирования;
- управление экспериментом;
- запуск программных моделей на удаленных компьютерах, диагностика функционирования программных моделей.

Модели объектов информационного взаимодействия, в общем случае, состоят из нескольких взаимосвязанных модулей:

- модели движения - для определения пространственного положения объектов и реализации законов управления их движением;
- модели гидроакустических средств освещения обстановки - для моделирования процессов обнаружения, классификации целей и реализации законов управления средствами освещения обстановки;
- модели систем управления основными действиями объектов - для реализации алгоритмов управления объектами на основе информации, поступающей от их систем и комплексов.

Разделение модели объекта на несколько автономных модулей обусловлено необходимостью организации рабочих мест для операторов отдельных систем и комплексов ПЛ. Наличие рабочих мест операторов позволяет учесть влияние субъективного фактора при управлении объектом. Когда управление объектом производится по заданной программе или не требуется учитывать влияние субъективного фактора, модель объекта создается в виде единого модуля, включающего все необходимые системы.

Модель среды распространения акустических волн основана на лучевой модели поля в слоисто-неоднородной среде. Учитываются такие параметры среды, как профиль звука в районе действий, частотно-зависимые аномалии распространения звука, углы и временные задержки прихода акустического сигнала, анизотропная помеха шумов моря.

Это обеспечивает решение задач классификации, определения текущих координат и параметров движения объектов-участников ТС.

Блок формирования гидроакустических полей и сигналов предназначен для воссоздания и отображения гидроакустической обстановки возле каждого из объектов.

Система документирования отвечает за фиксирование событий и параметров квазинепрерывных процессов для последующей обработки и просмотра.

Также в состав программного комплекса входит ряд служебных программ:

- для работы с гидроакустическими базами данных;
- для расчета элементов гидроакустического поля;
- для расчета характеристик направленности антенн средств гидроакустического наблюдения;
- для автономного просмотра результатов моделирования.

Для каждого из объектов информационного взаимодействия в программном комплексе заданы продолжительность полного времени функционирования и период (цикл) работы. Моделирование ситуации производится с заданным шагом, по времени равным половине минимального периода работы задействованных объектов взаимодействия. Если в процессе моделирования ситуации появляется объект с периодом работы мень-



шим, чем заданный шаг, то шаг моделирования автоматически уменьшается до полупериода работы этого объекта.

Каждый шаг работы программного комплекса разбит на несколько квантов, вырабатываемых модельным сервером (рис. 5).

Работа начинается с посылки кванта "перемещение" всем моделям движения объектов. Модели движения вырабатывают новые координаты и параметры движения объектов и передают их в модельный сервер. Получив информацию от моделей движения, модельный сервер формирует новую ситуацию и передает ее в блок формирования гидроакустических полей и сигналов.

По кванту "расчет" блок формирует волновую картину возле каждого из объектов и передает ее моделям гидроакустических средств освещения обстановки.

По кванту "обработка" модели гидроакустических средств освещения обстановки формируют список обнаруженных целей. Информация от моделей движения и гидроакустических средств освещения обстановки передается в системы управления.

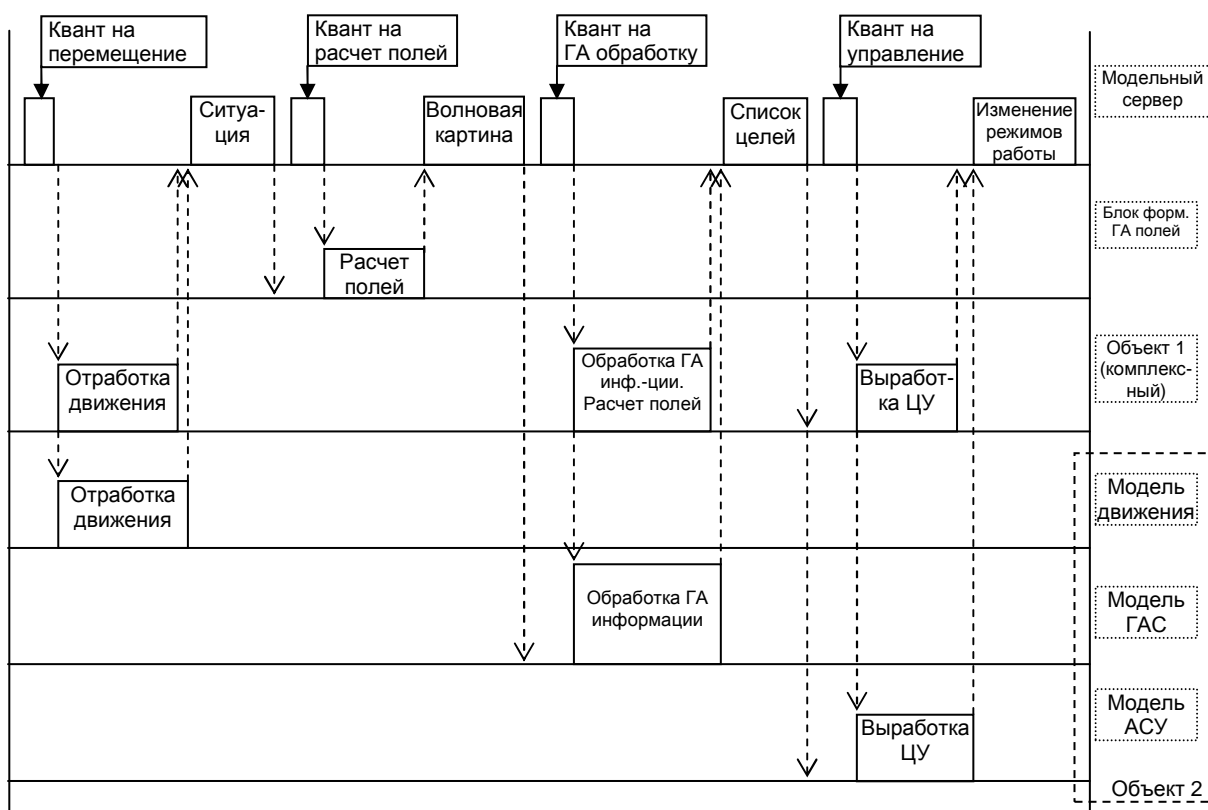


Рис. 5. Обработка данных в процессе моделирования.

По кванту «управление» системы управления основными действиями обрабатывают полученную информацию и формируют команды на изменение режимов работы для моделей движения и моделей гидроакустических средств освещения обстановки, изменяют режимы работы других систем своих объектов, выдают в модельный сервер команды на запуск дополнительных объектов информационной обстановки.

Аппаратная реализация программного комплекса представляет собой локальную вычислительную сеть ПЭВМ под управлением ОС семейства Windows.

Программный комплекс построен по открытому принципу, что позволяет задействовать при моделировании необходимое количество объектов, не внося изменений в уже созданные программные модули.

По результатам работы программного комплекса на основании анализа потоков информации между объектами – участниками ситуации, документируемых в процессе

имитационного моделирования, производится определение оптимальных тактических решений комплексного применения оружия и средств ГПД ПЛ.

Сформированная база оптимальных тактических решений по управлению действиями ПЛ в ситуациях комплексного применения оружия и средств ГПД с обеспечением ГАСМ внедряется в соответствующие корабельные системы ПЛ, что позволяет повысить эффективность решения поставленных задач и боевую устойчивость ПЛ ВМФ в различных тактических ситуациях.

База тактических решений представляет собой таблицу согласованного формата, элементами которой являются параметры ТС и соответствующие им действия ПЛ (маневрирование, применение МПО и средств ГПД). При необходимости решения какой-либо задачи, управляющие системы обращаются к указанной базе с запросом, содержащим название задачи и параметры текущей ситуации, и получают оптимальное решение с указанием необходимых маневров и алгоритма применения ПЛ оружия и средств ГПД.

База решений может дополняться и корректироваться по результатам моделирования.

### Литература

1. *Барабанов М.С.* Современное состояние и перспективы развития российского флота // Доклад Российского представительства Центра оборонной информации. М.: Просветитель, 2006.
2. *Капитанец И.М.* Флот в войнах шестого поколения. М.: Вече, 2003.
3. *Алферов Ж.И., Пялов В.Н., Барбанель Б.А., Шмаков Р.А.* Создание многоцелевых атомных подводных лодок и подводных аппаратов на основе новейших научных разработок и передовых технологий // Роль российской науки в создании отечественного подводного флота. М.: Наука, 2008.
4. *Курносков А.А., Рудко А.А., Байтуганов М.В.* Идентификация подводных объектов // Сб. «Наука и технологии. Итоги диссертационных исследований». Серия «Избранные труды Российской школы». М.: РАН, 2009.

Статья поступила в редакцию 23.11.2009 г.

