

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Заслуженный изобретатель Украины  
Кандидат технических наук, доцент

ТОРОВЕЦ АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

УДК 658.382:629.12

РЕКОНФИГУРИРУЕМОЕ ПОВЫШЕНИЕ  
ЖИВУЧЕСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Специальность 05.26.01 - "Охрана труда"

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

СЕВАСТОПОЛЬ

1996



Диссертация является рукописью.

Работа выполнена  
в Севастопольском Военно-Морском Институте  
и в Одесской Государственной Морской Академии

Научный консультант - академик В.В.Севриков

Официальные оппоненты:

Академик, доктор технических наук, профессор Выхристюк П.Н.

Доктор технических наук, профессор Орлов В.А.

Доктор технических наук, профессор Клементьев М.Ф.

Ведущая организация:

Центральное конструкторское бюро "Черноморец"

Защита состоится "21" \_\_\_\_\_ 1996 г.  
в \_\_\_\_\_ часов

на заседании специализированного совета Д 11.03.04  
при Севастопольском государственном техническом  
университете по адресу:  
335000, г. Севастополь, ул. Гоголя, 14, ауд. 302

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой  
печатью, просим направлять в адрес университета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СевГТУ

Автореферат разослан  
"5" \_\_\_\_\_ 1996 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
к.т.н. доцент

Гутник С.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последние годы проблема обеспечения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств приобрела значительную остроту, учитывая возрастающие негативные последствия в результате морских катастроф. Так, авария в апреле 1989 года на атомном подводном ракетоносце "Комсомолец" привела к гибели 42 членов экипажа, а вместе с затонувшим корпусом лодки на морском дне оказались ядерный реактор и две торпеды с ядерными боезарядами. Характерно, что аварии на судах и кораблях происходят непропорционально часто по отношению к их количеству. Данное обстоятельство весьма красноречиво свидетельствует о необходимости коренного совершенствования теории и практики создания судовых технических средств, способных выполнять заданное множество или приоритетное подмножество функций в меняющихся условиях функционирования, в том числе при возникновении поражающего фактора. Анализ имеющейся статистической информации о неполадках в работе и выходе из строя судовых технических средств показывает, что при всех причинах технологического и эксплуатационного характера определяющими, в конечном итоге, являются причины конструктивного порядка. Причем, нейтрализация указанных причин, как правило, малоэффективна без цельного, взаимосвязанного подхода, базирующегося на решении в комплексе вопросов обеспечения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств.

Дальнейший прогресс в судостроении настоятельно требует разработки новых методов и способов снижения уязвимости судовых технических средств в широком диапазоне изменения специфических условий их эксплуатации. Однако, решение таких задач существенно усложняется насыщенностью современных морских объектов различными техническими средствами при большом многообразии проектов судов и кораблей. При этом проектирование судовых технических средств с высокими параметрами живучести, надежности и безопасности затрудняется условиями качественного изменения современного флота, проявляющимися прежде всего в резком возрастании характеристик динамического воздействия среды. Указанные обстоятельства обуславливают очевидную злободневность создания нетрадиционных структур судовых технических средств, позволяющих эффективно противостоять возникновению внешних или внутренних поражающих факторов, в том числе с учетом их

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

одновременного проявления в различных точках пространства, а также возможного воздействия на все или большую часть элементов системы. Существующие направления в решении рассматриваемой проблемы недостаточно учитывают вышеотмеченные аспекты. Таким образом, реализация альтернативных научных исследований, служащих повышению живучести, надежности и безопасности судовых технических средств, является важной народнохозяйственной задачей.

**Цель работы** – повышение живучести, надежности и безопасности судовых технических средств на основе реконфигурации их структур.

**Научная новизна** работы определяется:

- нетрадиционной научной технологией, связанной с ранее не изученной реконфигурацией судовых технических средств;
- впервые предложенной концептуальной моделью реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств;
- наиболее обобщенной методологией проектирования и прогнозирования живучести, надежности и безопасности реконфигурируемых судовых технических средств;
- созданием новых оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внешнем поражающем факторе;
- созданием новых оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внутреннем поражающем факторе;
- созданием новых оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при комбинированном поражающем факторе;
- разработкой эффективной быстродействующей системой управления реконфигурацией судовых технических средств.

**Практическая ценность.** Предложена научно-обоснованная методология проектирования и прогнозирования живучести, надежности и безопасности реконфигурируемых судовых технических средств;

Созданы новые оптимизированные структуры судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при ужесточении условий функционирования.

Разработана эффективная быстродействующая система управления реконфигурацией судовых технических средств.

Пионерный уровень и промышленная значимость диссертационных разработок подтверждены более чем 130 изобретениями.

На защиту выносятся:

- комплексные математические модели реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств;
- методология многовариантного проектирования и прогнозирования живучести, надежности и безопасности реконфигурируемых судовых технических средств;
- создание новых оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внешнем поражающем факторе;
- создание новых оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внутреннем поражающем факторе;
- создание новых оптимизированных структур судовых технических средств, повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при комбинированном поражающем факторе;
- разработка быстродействующей системы управления реконфигурацией судовых технических средств.

Достоверность результатов подтверждается:

- репрезентативными сериями многочисленных экспериментальных данных;
- результатами вычислительного эксперимента и графо-аналитических исследований;
- корректными решениями разнообразных задач реконфигурации судовых технических средств;
- положительными результатами натурных экспериментов и апробации работы;
- сходимость используемых методов исследований.

Реализация работы. Диссертация выполнена по координационным планам научно-исследовательских работ Главного штаба ВМФ в рамках одного из основных научных направлений повышения эффективности функционирования судовых технических средств, обеспечения эксплуатационного цикла корабля и увеличения технической и боевой готовности флота. Результаты диссертационных исследований внедрены при постройке, переоборудовании, модернизации и ремонте судов и кораблей разли-

чного назначения и классов:

- на Николаевском судостроительном заводе имени 61 коммунара;
- в войсковой части № 87069 (Министерство обороны);
- на Севастопольском морском заводе имени С.Орджоникидзе;
- в войсковой части № 72044 (Министерство обороны);
- на Одесском судоремонтном заводе;
- в войсковой части № 31050 (Министерство обороны);
- в войсковой части № 90073 (Министерство обороны);
- на Севастопольском государственном предприятии "ПАРУС";
- в войсковой части № 81268 (Министерство обороны);
- на Севастопольском государственном предприятии "ПЕРСЕЙ";
- в войсковой части № 63876 (Министерство обороны);
- на специальной производственно-технической базе "ПЛАМЯ".

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и получили одобрение на: Всес.НТС по проблемам промышленной безопасности (ППБ) (Ленинград, 1975); Респ.НПС по ППБ (Киев, 1975); Всес.НТК по ППБ (Волгоград, 1975); Всес.НПС по ППБ (Астрахань, 1975); Всес.симп.по системам "человек-машина"(СЧМ) (Ленинград, 1975); Респ.НТК по ППБ (Волгоград, 1976); Всес.НПК по ППБ (Свердловск, 1976); Респ.НТК по ППБ (Киев, 1976); Всес.НПК по ППБ (Балашиха, 1976); Респ.НТК по СЧМ (Киев, 1976); Всес.НТС по СЧМ (Киев, 1977); Всес.НТК по ППБ (Ташкент, 1977); Респ.НТК по ППБ (Симферополь, 1977); Всес.НТС по ППБ (Севастополь, 1978); Отрасл.НТС по СЧМ (Одесса, 1978); Всес.НТС по ППБ (Москва, 1978); Всес.НПС по ППБ (Севастополь, 1978); Респ.НТК по СЧМ (Киев, 1978); Регион.НТК по СЧМ (Новосибирск, 1978); Всес.НТК по ППБ (Кишинев, 1978); Всес.НТС по ППБ (Севастополь, 1979); Респ.НТС по СЧМ (Севастополь, 1979); Межотрасл.НТК по ППБ (Волгоград, 1979); Регион.НТС по акустике (Севастополь, 1979); Всес.НТК по ППБ (Киев, 1979); Респ.НТС по СЧМ (Севастополь, 1980); Всес.НТК по акустике (Севастополь, 1980); Всес.НТК по ППБ (Севастополь, 1980); Респ.НТС по ППБ (Севастополь, 1980); Всес.НТС по ППБ (Севастополь, 1981); Респ.симп.по СЧМ (Донецк, 1981); Всес.НТК по СЧМ (Севастополь, 1981); Международный симп. по СЧМ (Новгород, 1981); Всес.НТК по ППБ (Таллин, 1981); Отрасл.НТС по вибрации (Севастополь, 1981); Регион.совещ.по ППБ (Севастополь, 1981); Респ.симп.по ППБ (Севастополь, 1982); Респ.НТК по ППБ (Севастополь, 1982); Всес.НТК по гидроаэродинамике (Севастополь, 1982); Всес.НТС по СЧМ (Севастополь, 1982); Отрасл.НТС по ППБ (Пенза, 1982); Всес.НТК по приборостроению (Севастополь, 1982); Регион.НТС по ППБ (Ле-

нинград, 1982); **Международной НТК** по ППБ (Москва, 1982); НТК ЛТИ (Ленинград, 1983); НТК НКМ (Николаев, 1975-1983); НТК СПИ (Севастополь, 1975-1983); Респ.НПК по вибрации (Минск, 1983); Всес.НТК по ППБ (Севастополь, 1983); Всес.НПК по ППБ (Иваново, 1984); Респ.НТК по ППБ (Томск, 1984); Всес.НТС по ППБ (Ленинград, 1984); Отрасл.НПС по вибрации (Москва, 1984); Респ.НТК по ППБ (Москва, 1984); Всес.НТС по шуму (Москва, 1984); НТК ТПИ (Таллин, 1985); Всес.НТК по ППБ (Пенза, 1985); Регион.совещ.по ППБ (Новороссийск, 1985); Отрасл.НТК по ППБ (Новороссийск, 1985); Респ.НТС по акустике (Москва, 1985); Отрасл.НПС по ППБ (Новороссийск, 1985); Респ.НТС по СЧМ (Севастополь, 1986); Всес.НТС по ППБ (Пенза, 1986); Всес.НТК по СЧМ (Севастополь, 1987); Отрасл.НМС по проблемам графической технологии (ПГТ) (Ленинград, 1987); Респ.НТК по СЧМ (Киев, 1988); Регион.совещ.по ПГТ (Севастополь, 1988); Всес.НПС по судовым техническим средствам (СТС) (Севастополь, 1989); Всес.НТС по автоматизации проектирования (Севастополь, 1989); Респ.НТК по машиностроению (Севастополь, 1989); Всес.НТК по судовому оборудованию (Севастополь, 1989); Всес.НМС по ПГТ (Севастополь, 1989); Всес.НТС по информационным системам (Севастополь, 1990); Респ.НТК по проблемам инженерного проектирования (Киев, 1990); Всес.НМК по проблемам инженерных наук (Алма-Ата, 1990); Всес.НПС по проблемам управления (Севастополь, 1990); Респ.НМК по ПГТ (Ровно, 1990); Всес.НТК по машиностроению (Севастополь, 1990); Респ.НТС по автоматизации проектирования (Севастополь, 1990); Всес.НТК по ПГТ (Севастополь, 1990); Всес.НМС по ПГТ (Полтава, 1991); Респ.НТК по ИС (Севастополь, 1991); Всес.НТК по надежности СТС (Севастополь, 1991); Всес.НТС по акустике (Севастополь, 1991); Всес.НПС по ВТ (Севастополь, 1991); **Международной НТК** по ПГТ (Севастополь, 1991); Респ.НМК по инженерной психологии (Кемерово, 1992); Всес.НПК по компьютерной геометрии (Нижний Новгород, 1991); **Международном семинаре** по проблемам компьютеризации (Севастополь, 1991); Всес.НТС по судостроению (Ленинград, 1992); НМК по ПГТ (Минск, 1992); НПС по ПГТ (Витебск, 1992); НТК по ПГТ (Севастополь, 1992); НТС по ИС (Севастополь, 1992); НТК ЧВМУ (1986-1992); НТК СВВМУ (1986-1992); НМК по моделированию (Харьков, 1993); НТС по инженерному проектированию (Севастополь, 1993).

Целый ряд из вышеперечисленных, состоявшихся за период с 1977 по 1993 гг. в г.Севастополе конференций, семинаров и симпозиумов были организованы автором и проходили под его непосредственным научным руководством, что стало возможным с открытием в 1977г. Севастополь-

ского филиала Республиканского дома научно-технической пропаганды.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано свыше 300 работ, в том числе более 130 изобретений.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы (367 наименований) и приложений. Работа изложена на 255 страницах машинописного текста, содержит 137 рисунков, 36 таблиц.

## О С Н О В Н О Е   С О Д Е Р Ж А Н И Е   Р А Б О Т Ы

В первой главе дан обзор состояния проблемы повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств. Показано, что нарушения жизнедеятельности судов и кораблей возникают, как правило, в результате невыполнения именно комплекса требований высокой живучести, надежности и безопасности, которые неразрывно связаны между собой. До настоящего времени нет цельных работ, рассматривающих и учитывающих комплексность свойств живучести, надежности и безопасности судовых технических средств при их проектировании. Хотя в отдельности такие параметры исследуются многими авторами, но и при этом каждое из свойств живучести, надежности и безопасности недостаточно учитывается для каждого элемента, особенно при объединении элементов в соответствующую техническую структуру. Последнее обусловлено тем, что мало принимается во внимание также и комплексность каждого указанного параметра. Данное положение связано, прежде всего, с отсутствием комплексной теории повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств. Суть в том, что лишь достоверная идентификация всех значимых характеристик каждого из свойств живучести, надежности и безопасности, проектирование с их учетом и реализация на этой базе наиболее эффективных структур судовых технических средств позволяют говорить о создании жизнедеятельных судовых и корабельных систем.

Решение перечисленных задач, очевидно, не может рассматриваться в отрыве от функций, выполняемых той или иной системой, её взаимодействия с внешней и внутренней средой и от условий функционирования, а также от процедуры обеспечения модернизационных возможностей отдельных систем. Анализ отмеченных признаков, проведенный для судов и кораблей различного назначения и классов, дал возможность репрезентативной оценки и детальной конкретизации факторов, определяющих свойства

живучести, надежности и безопасности судовых технических средств в их взаимосвязи и влияющих на эксплуатационный цикл того или иного объекта. На этой основе выполнена их классификация с выделением трёх основных групп: системы, функционирующие в условиях доминирующего фактора внешних воздействий; системы, функционирующие в условиях доминирующего фактора внутренних воздействий; системы, функционирующие в условиях фактора комбинированных - внешних и внутренних - воздействий. Данная классификация существенно упрощает исследование механизмов повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств, обеспечивая наиболее полный учет особенностей их реализации в конкретных системах, поскольку при этом значительно увеличивается эффективность многовариантного и многокритериального проектирования, а также решение вопросов чисто реализационного плана, учитывающих работу судовых технических средств в экстремальных и непредвиденных ситуациях (рис. I).

Сложность проблемы повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств, связанная с их многообразием и наличием множества требований, предъявляемых к современным судам и кораблям, настоятельно диктует необходимость сквозного формирования банка данных в течение всего цикла их существования на основе соответствующих сетевых графиков. Накопленная статистическая информация по циклам "проектирование", "строительство", "эксплуатация" была обобщена, выявила характерные закономерности в нарушении функционирования судовых технических средств и позволила установить, что наиболее альтернативное, рациональное и перспективное решение рассматриваемой проблемы с учетом удовлетворения взаимоисключающих и противоречивых требований поддержания максимально высоких эксплуатационных качеств при минимально возможных затратах состоит в их реконфигурации. Последняя в условиях разнообразных динамических воздействий обеспечивает максимальную устойчивость системы при оптимизации её формообразований и минимизации количества выходящих из строя структурных элементов.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы явилось повышение живучести, надежности и безопасности судовых технических средств на основе реконфигурации их структур. Оставленные соответственно указанной цели задачи определили и методы исследований, предусматривающие нетрадиционную научную технологию, связанную, в частности, с мягким и жестким моделированием, отражением иерархии параметров живучести, надежности и безопасности в структуре алгоритмов проектирования и управления, декомпозицией и композицией различных классов су-

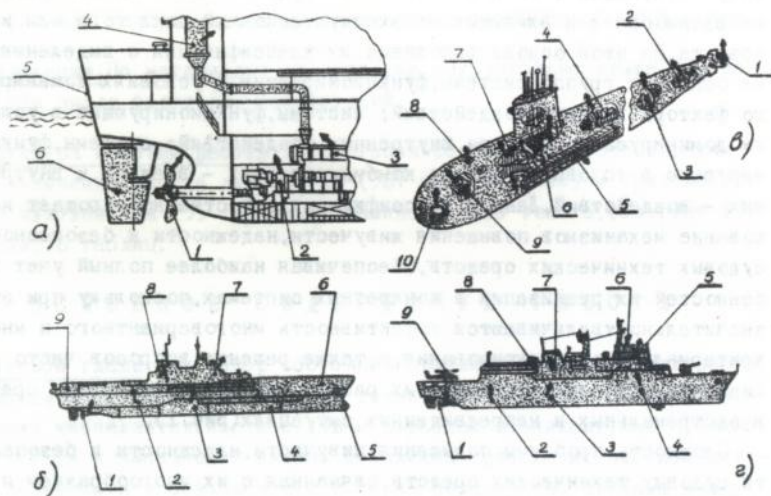


Рис. I

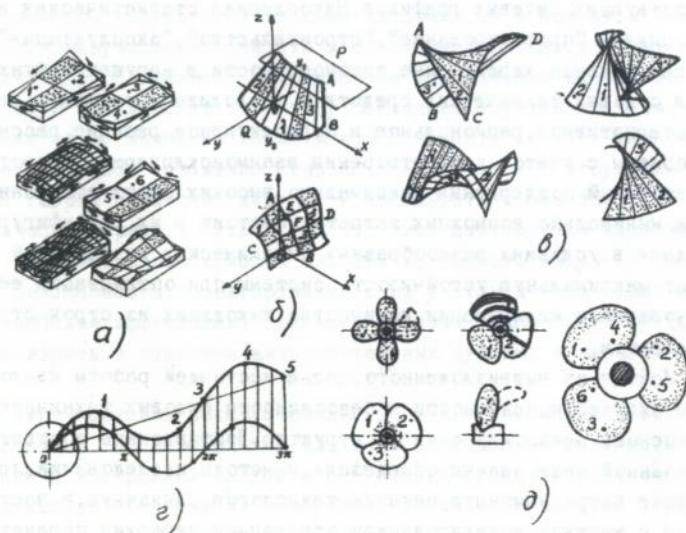


Рис. 2

довых технических средств.

Во второй главе представлены комплексные репрезентативные математические модели реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств, полученные на основе анализа закономерностей деформации разнообразных поверхностей (рис.2) и допускающие решение с помощью численных методов на ЭВМ за малое время. При этом идентифицированы наиболее значимые характеристики каждого из свойств живучести, надежности и безопасности с учетом их взаимосвязи. Для оценки степени живучести судовых технических средств введен интегральный показатель структурная формоустойчивость  $\Phi_{ж}$  (табл. I), который характеризует:

- сопротивляемость технического средства повреждениям (за счет геометрии форм  $G_{\phi}$ , кривизны поверхности  $H_n$ , положения форм  $\alpha_{\phi}$  относительно направления наиболее вероятного поражения);
- укрепленность технического средства (за счет плотности материала форм  $\rho$ , интенсивности напряжений  $\sigma$  и допустимых перемещений  $\Delta$ );
- резервируемость технического средства (за счет избыточности форм  $\Pi$ );
- разделенность технического средства (за счет дробления габаритов форм  $Q$ );
- распределенность технического средства (за счет варьирования массы форм  $M$  по местам размещения на судне);
- приспособляемость технического средства (за счет гибкости форм  $G$ );
- уязвимость технического средства (в зависимости от координат установки форм  $\tilde{z}$  в корпусе судна).

Показано, что если структурная формоустойчивость судовых технических средств обеспечена, то существенно возрастает степень их надежности в любой момент времени воздействия опасного фактора. Для оценки последней введен интегральный показатель структурная формоготовность  $\Phi_n$  (табл. I), который характеризует:

- работоспособность технического средства (по функции структурной эффективности форм  $F_{\Sigma}$  с учетом их сопрягаемости);
- отказостойкость технического средства (по функции искажения форм  $F_n$  с учетом потенциальных дефектов);
- восстанавливаемость технического средства (по функции деградации форм  $F_d$  с учетом их технического старения);
- ремонтпригодность технического средства (по функции сложнос-

| № п/п | Системы уравнений                                                                                                                                                                                                    | Обозначения величин                                                                                              |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | $\Phi_{\text{ж}} = (1 + \varphi_1 \cdot \varphi_2^{-1}) \cdot \ln \varphi_3;$                                                                                                                                        | $\varphi_1 = \Delta \cdot \delta \cdot G \cdot \Pi;$                                                             |
| 2.    | $\Gamma_{\phi} = [(x_{i,j} - x_{i,j+1})^n + (y_{i,j} - y_{i,j+1}) + (z_{i,j} - z_{i,j+1})]^{1/2};$                                                                                                                   | $\varphi_2 = \vartheta \cdot M^* \cdot Q;$<br>$\varphi_3 = \frac{\alpha_i \cdot H \cdot \Gamma_i}{\tau_{\phi}};$ |
| 3.    | $\Phi_H = (1 + \varphi_4)^{-1} \cdot \ln \varphi_5 \cdot \varphi_6^{-1};$                                                                                                                                            | $\varphi_4 = F_3(\tau) / F_c(\tau);$                                                                             |
| 4.    | $q_M = \iint \sin \alpha(x, y, z, M) dx dy;$                                                                                                                                                                         | $\varphi_5 = F_n(f_b \cdot \alpha \cdot \vartheta_0);$                                                           |
| 5.    | $q_{\text{ж}} = \iint \sin \beta(x, y, z, G) dx dy;$                                                                                                                                                                 | $\varphi_6 = F_A \left( \frac{q_M \cdot q_{\text{ж}}}{\tau_{\phi} \cdot \vartheta_j} \right);$                   |
| 6.    | $\Phi_B = \varphi_7 \cdot [1 + (\varphi_9 \cdot \varphi_{10})^{-1}] \cdot \ln \varphi_8;$                                                                                                                            | $\varphi_7 = \sum P_B(t);$                                                                                       |
| 7.    | $\varphi_8 = B_{np}(\Pi) = \Pi_A \cdot \Pi_C^{-1} \cdot k_n \cdot k_0;$                                                                                                                                              | $k_0 = \bar{\theta}_n - \bar{\theta}_B;$                                                                         |
| 8.    | $\varphi_9 = B_g(E) = \sum \sum \phi(m-i, n-j) \cdot k_h;$                                                                                                                                                           | $k_h = k(i, j);$                                                                                                 |
| 9.    | $\varphi_{10} = B_n(\tau) = -\sum m_{\hat{\phi}} \cdot \hat{g} \cdot k_{\tau} \cdot \hat{\tau}_{\hat{\phi}};$                                                                                                        | $k_{\tau} = \partial T_0^i / \partial q_{\hat{\phi}};$                                                           |
| 10.   | $\Phi_M = \bar{H}(t) \cdot \ln(\varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13});$                                                                                                                                         | $\bar{H}(t) = \begin{bmatrix} n(t) \\ s(t) & a(t) & p(t) \\ o(t) & o(t) & o(t) \end{bmatrix};$                   |
| 11.   | $\varphi_{11} = A_r(N_i) = \sum_{i=1}^n \tau_{ai} \cdot \text{mod } q;$                                                                                                                                              | $f_{ij} = \frac{1}{p_i} \sum_{k=1}^{p_i} f_{ijk};$                                                               |
| 12.   | $\varphi_{12} = A_o(D_i) = \sum_{j=1}^{n-1} (f_i - f_{ij})^2 \cdot N_j^{-2};$                                                                                                                                        | $i = 1, 2, \dots, n;$                                                                                            |
| 13.   | $\varphi_{13} = A_p(\Omega_i) = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial L}{\partial q_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i};$                                                                       |                                                                                                                  |
| 14.   | $\Phi_3 = \mathcal{L} \cdot \ln(\varphi_{14} + \varphi_{15} + \varphi_{16});$                                                                                                                                        | $\sum (\xi_i - \xi_j)^2 =$                                                                                       |
| 15.   | $\varphi_{14} = (Q_{\Pi} - Q_{\phi}) \cdot [\sum (\xi_i - \xi_j)^{2/1/2}];$                                                                                                                                          | $= (X_i - X_j)^2 +$                                                                                              |
| 16.   | $\varphi_{15} = \sum (F_{\phi u3 i}^{\partial m} - F_{\phi u3 i}^T) \cdot \lg Q \cdot \Pi^{-1};$                                                                                                                     | $+ (Y_i - Y_j)^2 +$                                                                                              |
| 17.   | $\varphi_{16} = \sum (F_{\kappa u m j}^{\partial m} - F_{\kappa u m j}^T) \cdot \lg Q \cdot \Pi^{-1};$                                                                                                               | $+ (Z_i - Z_j)^2;$                                                                                               |
| 18.   | $\Phi_{os} = [1 - (\Phi_{\text{ж}} + \Phi_H + \Phi_B + \Phi_M + \Phi_3) \cdot (\Phi_{\text{ж}} \cdot \Phi_H \cdot \Phi_B \cdot \Phi_M \cdot \Phi_3)^{-1}] = 1 - \sum_{i=1}^5 \{\Phi_i\} / \prod_{i=1}^5 \{\Phi_i\};$ | $\delta \Phi_{os} = P_{a.c} \cdot \mathcal{L}_{\phi} \cdot \sin \Psi_p \cdot \ln \ell_0 \cdot \Pi \cdot Q;$      |

ти форм  $F_c$  с учетом их перераспределения).

Подтверждено, что на базе достаточной структурной формоустойчивости и формоготовности судовых технических средств эффективно реализуется необходимая степень их безопасности, для оценки которой введен интегральный показатель структурная формолокальность  $\Phi_6$  (табл. I), характеризующий:

- защищенность оператора от технического средства (определяется параметром  $B_{\text{про}}$  прозрачности форм);
- самозащищенность технического средства (определяется параметром  $B_{\text{в}}$  восприимчивости форм к отклонениям от нормального режима работы);
- взаимозащищенность технического средства (определяется параметром  $B_{\text{п}}$  повреждаемости одних форм при выходе из строя других);
- опасность при штатной работе технического средства (определяется параметром  $P_{\text{б.роб}}$  локализации форм элементами ограничения);
- опасность при техническом обслуживании (определяется параметром  $P_{\text{б.т.о}}$  локализации форм элементами предостережения);
- опасность при отклонении от нормального режима (определяется параметром  $P_{\text{б.к.л.р}}$  локализации форм элементами возвращения);
- опасность при аварийной ситуации (определяется параметром  $P_{\text{б.ком}}$  локализации форм элементами подавления).

С использованием мониторингового показателя  $\Phi_{\text{м}}$  (табл. I), характеризующего:

- контролируемость технического средства (представляемой аргументом  $A_{\text{т}}$  регистрации ключевых точек форм);
  - наблюдаемость технического средства (представляемой аргументом  $A_{\text{о}}$  распознавания образа форм);
  - управляемость технического средства (представляемой аргументом  $A_{\text{р}}$  регулирования адаптации форм к изменениям среды),
- и с помощью приведенного эргономического показателя  $\Phi_{\text{э}}$  (табл. I), характеризующего:

- габаритную обитаемость (через степень сокращения  $B_{\text{г}}$  формами технического средства свободных объемов рабочих пространств);
  - средовую обитаемость (через степень ухудшения формами технического средства  $B_{\text{с}}$  состояния окружающей среды),
- предложен обобщающий критерий  $\Phi_{\text{ос}}$  живучести, надежности и безопасности судовых технических средств (табл. I), достоверность которого доказана статистической информацией, полученной в приложении к реальным условиям эксплуатации тех или иных технических средств на

различных кораблях и судах.

В третьей главе предложен метод интерактивного режима разработки каркасов оптимизированных формообразований реконфигурируемых судовых технических средств, обуславливающий значительное повышение их живучести, надежности и безопасности. При этом координаты точек текущего формообразующего контура связываются с координатами исходного и решается задача интерполяции. Построенные поверхности отображаются на экран устройства преобразования графической информации для контроля и оценки выполнения заданных интегральных показателей живучести  $\Phi_{ж}$ , надежности  $\Phi_{н}$ , безопасности  $\Phi_{б}$  и обобщающего критерия  $\Phi_{об}$ . В случае удовлетворения поставленным требованиям строится объемно-графическая модель судового технического средства.

Представлены схемы оптимизированных формообразований реконфигурируемых судовых технических средств, исходя из семейства прямых, прямых и кривых или только кривых линий  $u, v$  с учетом толщины формы  $\delta_{\phi}$  и её относительного деформирования  $\Delta_{\phi}$ . В зависимости от выбора смежных отсеков формы рассматривается вопрос о сглаживании поверхности с применением эллиптического или гиперболического сопряжения, анализ возможностей которых показал, что отсеки сферической или торовой поверхности не могут быть использованы в качестве сглаживающего для форм реконфигурируемых судовых технических средств в большинстве реальных случаев. Для этого разработан способ изменяющегося радиуса сопрягающей линии каркаса, причем закон изменения радиуса в данном случае определяется взаимным положением сопрягаемых линий  $u, v$ .

На основе составленной системы функционирования двух типов геометрических моделей реконфигурируемых судовых технических средств - выходных и входных, при которой на выходные модели налагаются заданные показатели  $\Phi_{ж}, \Phi_{н}, \Phi_{б}$  и обобщающий критерий  $\Phi_{об}$ , а входные модели реализуются с помощью исполняемых файлов, существенно расширены возможности выполнения формообразующих операций. Конкретно описываются модули преобразований входной модели реконфигурируемого судового технического средства в выходную, в которых освещены способы сплайновой аппроксимации в виде быстрых алгоритмов и оптимальной дискретизации линий  $u, v$  и поверхностей  $\Pi$ . При этом выходные модели организуются в иерархическую метафайловую базу данных с заданием линий  $u, v$  и поверхностей  $\Pi$  параметрическими зависимостями с трехуровневой детализацией. На вы-

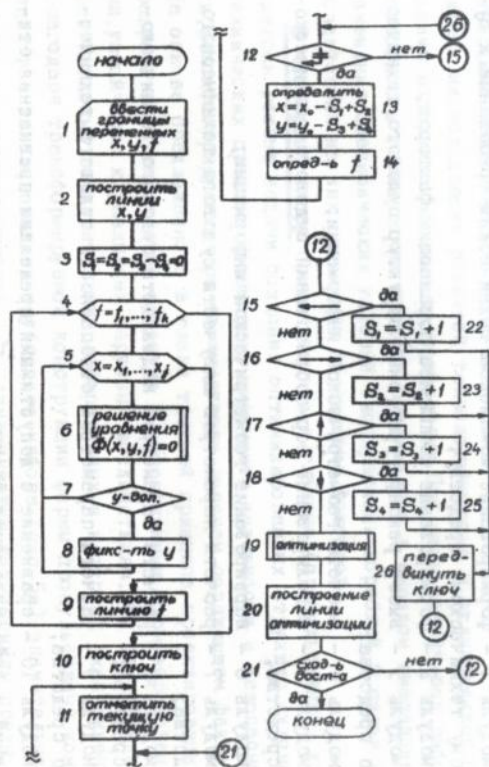


Рис. 3

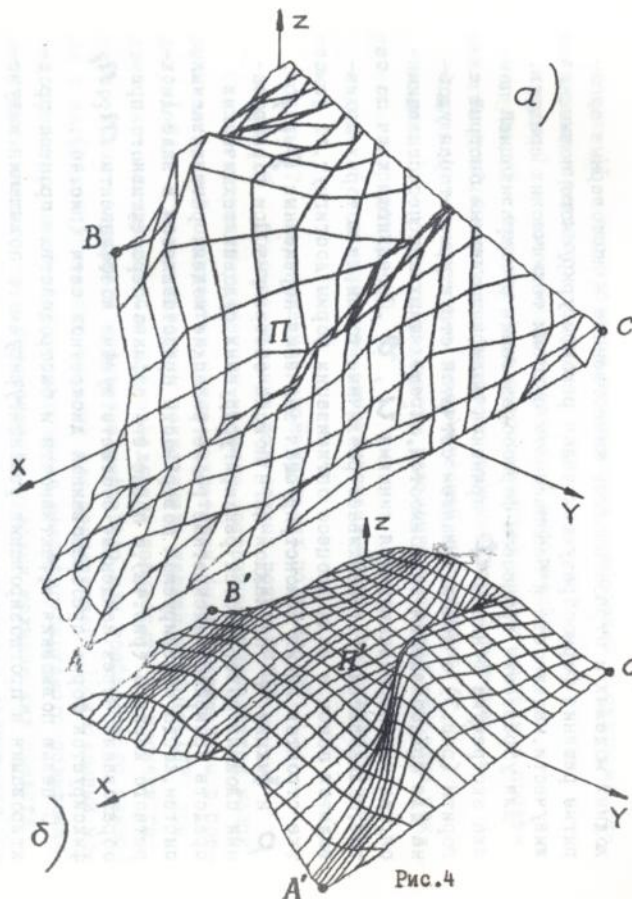


Рис. 4

ходных моделях и отрабатывались качественные и достоверные алгоритмы решения формообразующих задач реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств.

Для управления процессом формообразования с визуализацией поиска экстремума функции  $\Phi$  применен модифицированный быстрый алгоритм (рис.3) с использованием сетчатой структуры, которая удобна для представления зависимостей, определяемых как пересекающимися, так и непересекающимися линиями  $u, v$ . Передвигая ключ по сетке, пользователь устанавливает различные точки, из которых производится поиск, и если процесс оптимизации формы достигнут, то на сетке строится линия демонстрирующая значения переменных  $g, f, p$  и функции  $\Phi$  на каждом шаге поиска экстремума. При формировании сложных поверхностей реконфигурируемых судовых технических средств применены дискретные геометрические модели растягиваемых систем, когда моделируемая поверхность представляется в виде дискретного каркаса (рис.4а), а после его аффинно-перспективного преобразования, через найденные соответствующие коэффициенты  $m_i, n_i$  фиксируется форма преобразованной дискретной сети (рис.4б).

С целью повышения эффективности и быстродействия процесс проектирования и прогнозирования реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств построен по модульному принципу:

модуль 1 - формирование комплекса технических требований к судовому техническому средству;

модуль 2 - формирование комплекса поражающих факторов;

модуль 3 - выбор реконфигурируемых структур судового технического средства;

модуль 4 - расчеты геометрической информации;

модуль 5 - моделирование формообразований судового технического средства;

модуль 6 - варьирование геометрической информации;

модуль 7 - расчеты параметров живучести судового технического средства;

модуль 8 - расчеты параметров надежности судового технического средства;

модуль 9 - расчеты параметров безопасности судового технического средства;

модуль 10 - сравнение с допустимыми пределами превышения отклонений и деформирования формы;

модуль II - варьирование технических требований к судовому техническому средству;

модуль I2 - расчеты эргономической информации;

модуль I3 - варьирование эргономических характеристик в пространстве функционирования судового технического средства;

модуль I4 - подготовка экономической информации;

модуль I5 - расчеты стоимости реконfigurирования судового технического средства;

модуль I6 - комплексная экономическая оценка проектируемой системы;

модуль I7 - варьирование экономических показателей;

модуль I8 - прогнозирование полученных результатов.

Соответствующие указанным модулям программы, отличающиеся малой вычислительной сложностью цикла подготовки, были реализованы в среде AutoCAD с использованием прикладного пакета на AutoLISP при двух интерполирующих блоках, позволяющих совместить во времени генерирование очередного алфавитно-цифрового или графического символа с загрузкой исходного задания для последующего. Предложенный метод проектирования и прогнозирования реконfigurируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств обеспечил создание высокоэффективных морских систем, являющихся более функционально совершенными по сравнению с предшествующими техническими решениями, обеспечивающих энергосберегающие условия эксплуатации, обладающих развитой технологичностью и отличающихся большими модернизационными возможностями. При этом устойчивая работоспособность технических средств реализована в широком диапазоне изменения специфических условий эксплуатации кораблей и судов и воздействия на них различных поражающих факторов.

**В четвертой главе** применительно к главным (пропульсивным) комплексам решена задача создания оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконfigurируемых при доминирующем внешнем поражающем факторе. На основе предложенного в главе третьей принципа проектирования разработаны технические средства с эффективными формообразованиями, устойчивых к различным наружным воздействиям, что подтверждено результатами вычислительных, лабораторных и натурных экспериментов. Благодаря трансформируемой конструкции формы пропульсивных комплексов с использованием трубчатого набора (рис. 5а), значительно повышена их сопротивляемость **S** динамическим возмущениям среды. При

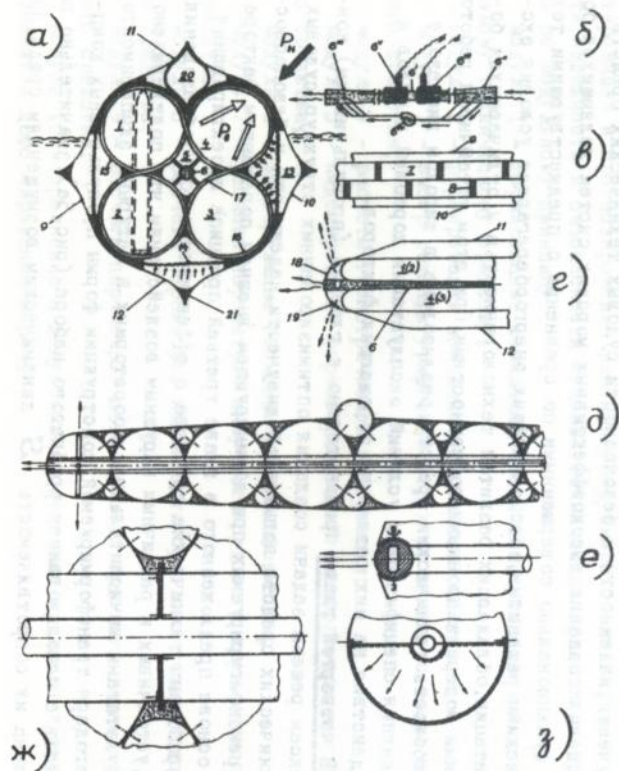


Рис.5

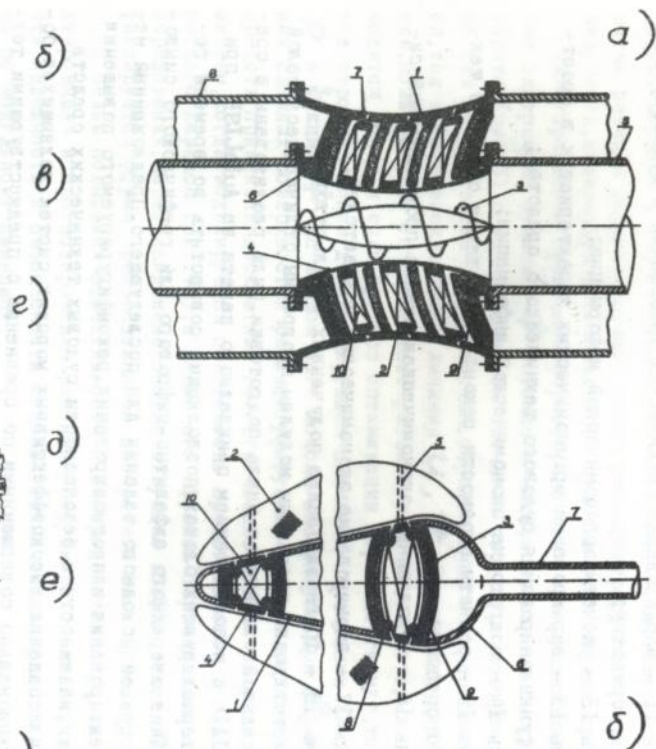


Рис.6

этом толщина  $\delta_\Phi$  формы уменьшается, что существенно снижает массу пропульсивного комплекса, позволяя в одной оболочке скомпоновать дополнительные побудительные устройства (рис. 5б). Причем, распределенное фиксирование последних обеспечивает также и увеличение эргономического показателя  $\Phi_\Sigma$  за счет рационализации схемы общего расположения (рис. 5в). Кроме того, с помощью варьирования вектора пропульсивных сил на концевых отсеках оболочки пропульсивного комплекса (рис. 5г) реализуется возможность устойчивого возрастания обобщающего критерия живучести, надежности и безопасности  $\Phi_{об}$  при заметном улучшении виброакустических параметров системы.

Для условий крупномасштабных внешних воздействий разработаны такие структуры пропульсивного комплекса, у которых формообразования выполнены сочетанием поверхностей  $\Pi_i$  постоянной кривизны  $H_\pi$  и различной конфигурации  $\Gamma_\Phi$  (рис. 5д). Данный подход позволил не только повысить показатели  $\Phi_\Sigma$ ,  $\Phi_H$  и  $\Phi_B$ , но также и в большой степени упростить размещение безимпеллерных элементов комплекса (рис. 5е) с одновременным увеличением мониторингового показателя  $\Phi_M$ . При этом значительно усилена динамическая устойчивость системы, благодаря оптимизированной сопрягаемости форм (рис. 5ж) и более упорядоченному изменению их объемов  $Q_i$  (рис. 5з). Причем, за счет включения в основные формы вспомогательных, с той или иной схемой дискретного рассредоточения их по оболочке, обеспечено существенное возрастание регулируемых свойств пропульсивных комплексов.

С целью нейтрализации импульсных внешних поражающих факторов предложены формообразующие структуры пропульсивных комплексов, отличительной особенностью которых является разделенность форм на отдельные части, гибко связанные между собой. Площади этих частей определяются по формуле

$$\Pi_v = \iint_{\Delta} |\ell \cdot g(t, \tau) \times \ell^{\tau} \cdot g(t, \tau)| dt d\tau.$$

в которой интеграл находится с помощью стандартных процедур численного интегрирования, входящих в состав программного обеспечения ЭВМ, с учетом того, что для элементарного отсека  $\Delta\Pi$  формы  $g_i$ , рассматриваемой вместе с его краем,

$$\ell_{\Delta\Pi} = \max \{ \inf \ell_{p_i, p_j} \},$$

где величина  $\inf \ell_{p_i, p_j}$  суть расстояние между точками  $p_i, p_j$ , а размер всего отсека оценивается неравенством  $\ell \leq n \cdot \ell_{\Delta\Pi}$ .

Показано, что разделенность форм позволяет резко увеличить показатели живучести  $\Phi_{ж}$  и надежности  $\Phi_{н}$  пропульсивных комплексов при значительной нейтрализации динамических возмущений и существенном подавлении излучающих характеристик среды. С использованием модели дистанцирования форм разработана, в частности, подвижная энергетическая система, эффективно реализующая целый ряд важнейших пропульсивных, акустических и защитных качеств корабельных и судовых объектов. На основе дискретизации формообразований в дальнейшем предложены модульные блоки пропульсивных комплексов, допускающие как внутреннее (рис. 6а), так и наружное (рис. 6б) расположение импеллеров. При этом побудители последних выполнены как токослойные двигатели в виде перемежающихся дисковых форм малой толщины  $\delta_{\phi}$  и различной кривизны  $H_{\phi}$ , а импеллеры - в зависимости от набора упомянутых дисковых форм - могут варьироваться от криволинейных, сжатых или растянутых (рис. 6а), до плоских, удлиненных или укороченных (рис. 6б), конфигураций.

В случае пропульсивных комплексов с валопроводами дополнительно применены структурные элементы переменных форм, обеспечивающие надежную работу дейдвудных устройств путем сочетания профилированных жестких поверхностей и упругих оболочек с оптимизированной конфигурацией и управляющей средой. Результаты экспериментов показали, что подобные элементы отличаются высокой технологичностью и характеризуются большой устойчивостью в широком диапазоне внешних воздействий при значительном ослаблении неблагоприятных виброакустических параметров пропульсивных комплексов в кораблей и судов. Идентичный подход был использован также при создании новых конструкций якорно-швартовых и подруливающих устройств, что дало возможность существенно улучшить их показатели надежности  $\Phi_{н}$ , живучести  $\Phi_{ж}$  и безопасности  $\Phi_{б}$ .

Авторские разработки, указанные в главе четвертой, защищены 45 изобретениями.

В главе пятой применительно к трубопроводным системам решены задачи создания оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внутреннем поражающем факторе. На основе предложенного в главе третьей принципа проектирования разработаны новые технологичные конструкции элементов судовых трубопроводных систем, обеспечивающие высокие показатели  $\Phi_{ж}$ ,  $\Phi_{н}$ ,  $\Phi_{б}$ , что подтверждено результатами вычислительных, лабораторных и не-

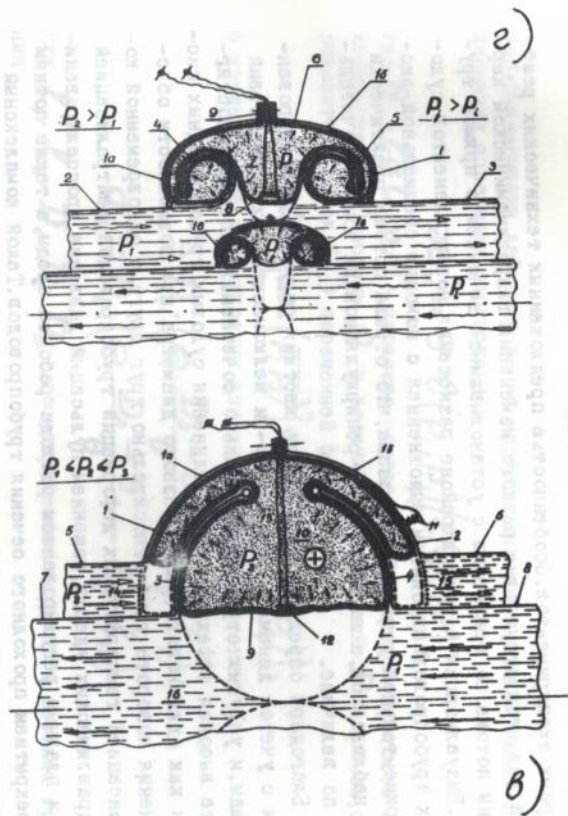
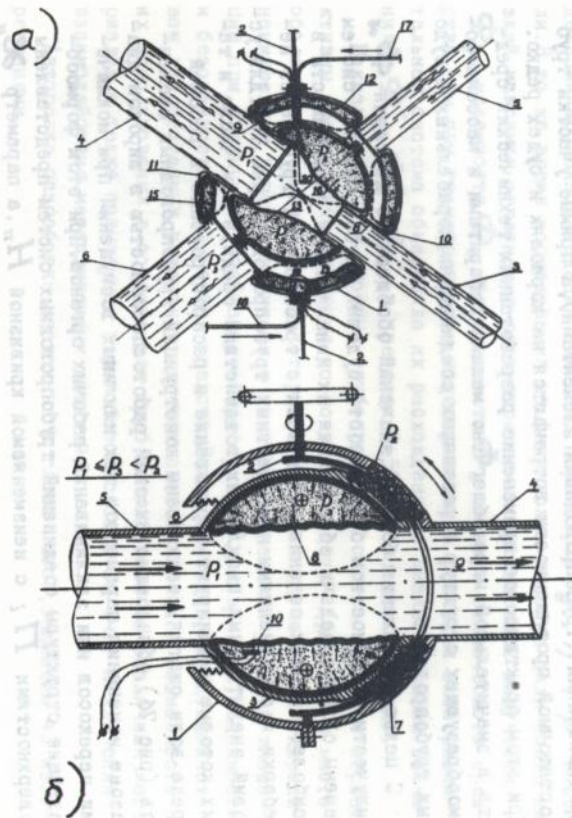


Рис. 7

турных экспериментов. Особенностью предложенных технических решений является отсутствие резкого изменения гидродинамической картины потока по сравнению с установившимся течением в прямой трубе. Визуализация потока в районе размещения новых элементов судовых трубопроводных систем, выполненная с помощью специальной экспериментальной установки, показала, что отрыва потока практически не наблюдается, а возникновение рециркуляционных зон незначительно по величине.

Благодаря определенному набору жестких структур, профилированных с учетом динамических, крупно- и мелкомасштабных, воздействий среды, и упругих структур, оптимально сочетаемых с первыми, достигнута высокая эффективность соединения судовых трубопроводных систем как одинакового, так и разного диаметра при возможности обеспечения поворота труб относительно друг друга с одновременной компенсацией температурных деформаций трубопроводов, нейтрализацией гидравлических ударов, гашением пульсаций давления, дросселированием и плавным регулированием расхода рабочей среды, а также полным перекрытием проходного сечения трубопроводов. Такой комплексный подход к разработке трубопроводных систем оказался весьма экономичным, учитывая, что судовые трубопроводы очень насыщены местными сопротивлениями (трубопроводными элементами), а прямые участки труб достаточной протяженности встречаются на кораблях и судах редко. При этом практическое применение разработанных технических средств в значительной мере облегчено малыми габаритами и массами формообразующих структур в различных соединениях корабельных и судовых трубопроводов.

С целью достижения больших значений обобщающего критерия  $\Phi_{об}$  живучести, надежности и безопасности судовых трубопроводных систем решены сложные задачи обеспечения их динамической устойчивости в наиболее опасных сечениях, связанных с трассировкой труб через переборки и соединениями перекрестных трубопроводов (рис. 7а). Для условий значительных импульсных воздействий среды, в том числе и таких, которые инициируют образование и распространение в рабочей среде волн сжатия, реализованы конструкции трубопроводных элементов (рис. 7б), обладающие высокой работоспособностью в широком диапазоне изменения параметров тех или иных возмущений при исключении перекосов или заклиниваний рабочих органов. При этом формообразующие структуры соединений трубопроводных систем представлены поверхностями  $P_i$  с неизменяемой кривизной  $H_{ii}$ , а параметр  $\alpha_{ii}$

неравномерности деформирования управляющих элементов в таких соединениях определен соотношением

$$\alpha_n = \theta \cdot \ell(p_i, p_j) / \ell(p'_i, p'_j),$$

где  $\theta = \lg U \cdot (\nu P)^{-1}$  - параметр, определяемый модулем упругости  $U$ , коэффициентом Пуассона  $\nu$  и величиной возмущений  $P$ . Причем, определитель точек  $(p_i)$  переменной формы равен

$$\det [\cos(\overline{p_i p_j})] = \theta \cdot \det [p_i / p_j],$$

а изменение её конфигурации оценивается зависимостями

$$d_x = D_1 \cdot \left( e^{\frac{D_3 - \theta^2}{\theta}} - \lg \ell_1 \right);$$

$$d_y = D_2 \cdot \left( e^{\frac{D_3 - \theta^2}{\theta}} - \lg \ell_2 \right),$$

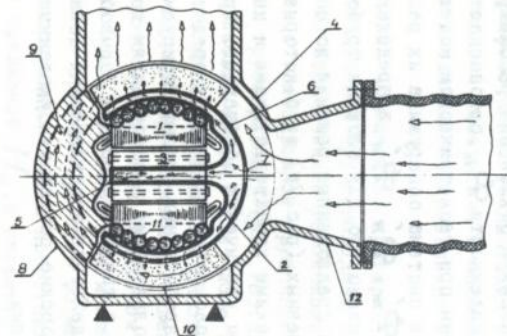
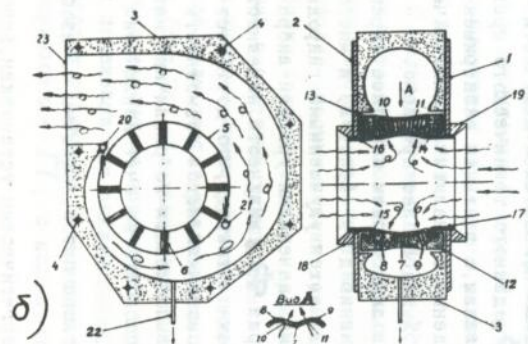
где  $\ell_1, \ell_2, D_1, D_2, D_3$  - геометрические параметры жестких границ.

При численном решении уравнений формообразования трубопроводных элементов на ЭВМ выявлена хорошая повторяемость результатов при детерминированном задании исходных параметров  $g, f, p$  модели. В то же время исследования на физических моделях дали более низкий максимум отклонения рассматриваемых показателей живучести  $\Phi_{ж}$ , надежности  $\Phi_{н}$ , безопасности  $\Phi_{б}$  данного технического средства, чем при геометрическом моделировании, а реальная экспериментальная система обнаружила их расхождение с аналитическими значениями  $\Phi'_{ж}, \Phi'_{н}, \Phi'_{б}$  в пределах 3-5%, что вполне приемлемо.

Показано, что для сложных трубопроводных систем наиболее перспективны предложенные решения по соединению двух- (рис. 7в) и многооболочечных (рис. 7г) труб, которые отличаются улучшенными гидродинамическими характеристиками и низкими значениями уровней вибрации при увеличении обобщающего критерия  $\Phi_{ос}$  живучести, надежности и безопасности технических средств. Важно отметить, что достоинством разработанных реконфигурируемых систем является возможность их использования в соединениях труб, выполненных из различных материалов, а также повышенная взрывобезопасность за счет исключения взаимодействия металлических деталей.

Авторские разработки, указанные в главе пятой, защищены 43 изобретениями.

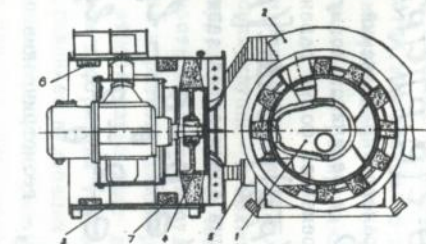
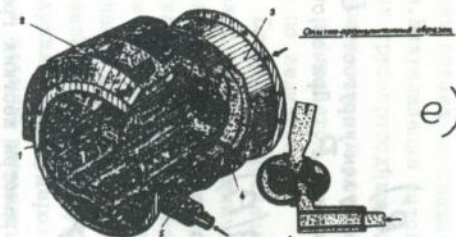
В главе шестой применительно к энергетическим установкам, вспо-



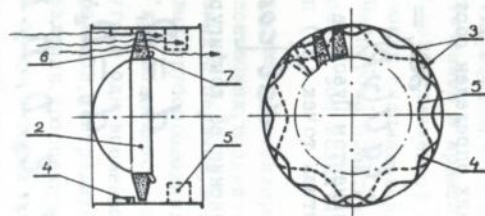
а)

б)

в)



е)



а)

Рис.8

могательным механизмам и устройствам решены задачи создания оптимизированных структур судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при комбинированном поражающем факторе. Разработан модульный ряд приводов, максимально совмещенных с исполнительными судовыми механизмами (рис.8а), формообразования которых характеризуются жесткими поверхностями

$P_i$  постоянной и переменной кривизны  $H$ , профилированными с учетом комбинированных (внешних и внутренних) поражающих факторов, и сопрягаемыми с первыми нежесткими поверхностями  $P_j$ , соответствующая конфигурация которых устанавливается управляющей средой, используемой одновременно в качестве источника охлаждения данного механизма. При этом достигается высокая степень герметизации и взрывозащищенности корабельного и судового оборудования и низкие уровни шумов и вибраций, а также существенное снижение тепловых нагрузок. Причем, показатели живучести  $\Phi_{ж}$ , надежности  $\Phi_n$  и безопасности  $\Phi_{б}$  рассматриваемых судовых технических средств практически не изменяются в широком диапазоне изменения специфических условий их эксплуатации и при различных, внешних и внутренних, динамических воздействиях.

Показано, что даже без изменения существующих конструктивных схем центробежного (рис.8б,в) и осевого (рис.8г,д) нагнетателей за счет оптимизированных формообразующих структур с учетом параметра  $\theta$  и при правильном выборе количества  $n$  и расположения  $g, f, p$  жестких и гибких элементов обеспечивается возможность значительного увеличения значений обобщающего критерия  $\Phi_{ос}$  живучести, надежности и безопасности данных технических средств. Аналогичные результаты достигаются и на модернизированных установках, в частности турбодетандерных (рис.8е,ж), когда с помощью эффективных переменных форм реализуется снижение на 25-30% неблагоприятных виброакустических характеристик, присущих подобным агрегатам. Причем, оптимизация целевой функции  $F_{\Phi}$  переменных форм здесь производится с применением вектора геометрических параметров  $\Omega$ , который включает как координатные переменные, так и параметры, определяющие особенности гибких структур и положение границ жестких структур, т.е.  $F_{\Phi}(\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n) = 0$ . При этом конфигурация формы представляется упрощенным выражением

$$\mathcal{L} = \theta \cdot p \cdot (g - f) \cdot y^2 + \theta \cdot p \cdot (g - f) \cdot z^2 + \theta \cdot x \cdot (x - g) \cdot f + \theta \cdot x \cdot (x - g) \cdot p \cdot z - (g - f) \cdot (x - f) \cdot (x - g) \cdot d^2 -$$

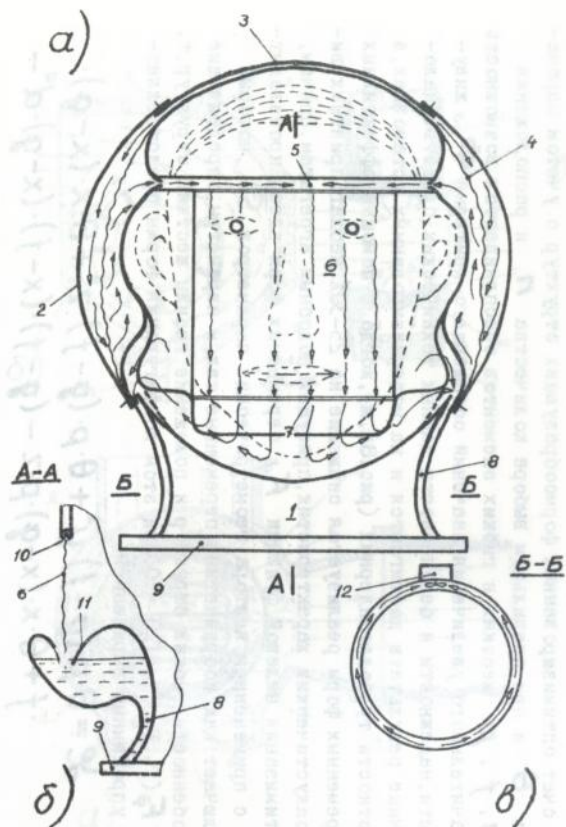


Рис. 9

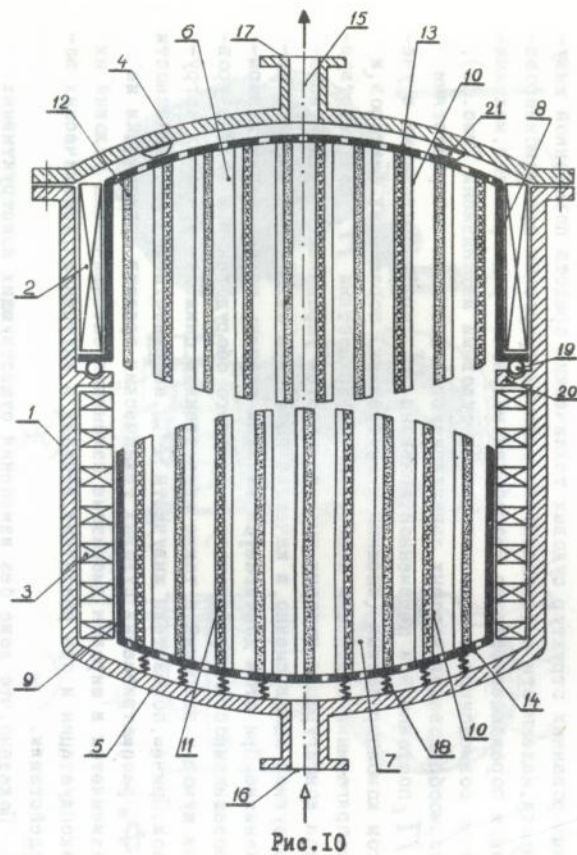


Рис. 10

$$-g \cdot x \cdot (x-g) \cdot (g^2 + f^2 - d^2) - f \cdot x \cdot (x-f) \cdot d^2,$$

а затухание энергии динамических воздействий на форму определяется уравнением

$$\delta \mathcal{E} = \mathcal{L}_j^m A_j^m \omega_j^m \cdot (1 - \omega^m \cdot \omega_j^m) \cdot \sum_{n=1}^m M_{ns} \cdot k_{jn},$$

где  $A_j$  - амплитуды;  $M_{ns}$  - массы формообразующих структур;  $\omega$  - вынужденные частоты;  $\omega_j$  - собственные частоты;  $k_{jn}$  - коэффициенты распределения. При этом деформирование  $\Delta_\phi$  формы и возмущающая сила  $P_c$  связаны соотношением

$$\Delta_\phi = l g \mathcal{L} \cdot \theta \cdot P_c \cdot \sum_{j=1}^m \left( \frac{\sigma_j \cdot e^{\omega_k \cdot \tilde{t}}}{\omega_k - \varepsilon_j} + \frac{\sigma_j^* \cdot e^{\omega_k^* \cdot \tilde{t}}}{\omega_k - \varepsilon_j^*} \right),$$

где  $\omega_k$  - комплексная частота возмущающей силы  $P_c$ .

Для увеличения показателя безопасности  $\Phi_B$  при обслуживании судовых энергетических установок и в непредвиденных ситуациях, характеризующих аварийными состояниями газовой среды в отсеках корабля, предложено техническое решение по созданию эффективного и экономичного средства индивидуальной защиты (рис. 9а, б, в), особенностью которого является специальное криволинейное выполнение ограничивающих жестких поверхностей  $\Pi_i$  формы, профилированных с таким разрывом сплошности, чтобы оптимальным образом реализовывалось его перекрытие капельной текучей средой. Причем, упомянутые поверхности  $\Pi_i$  установлены послойно, с различным отдалением слоев друг от друга: минимальным - в верхней части, средним - в задней части и максимальным - в боковых частях формы. При этом в последних дополнительно размещены нежесткие поверхности в виде проницаемых мембран с возможностью их использования для очистки капельной текучей среды, а пространства формируемых таким образом полостей - как резонаторов Гельмгольца.

Существенное повышение показателей надежности  $\Phi_H$  и безопасности  $\Phi_B$  достигнуто в случае ядерной энергетической установки за счет соответствующего формообразования топливных оборок (рис. 10), характеризующегося чередованием на одной круговой, расположенной концентрично по отношению к другим, поверхности  $\Pi_{i(j)}$  секторов с горючим и замедлителем при последовательном уменьшении длины  $\ell$  образующей каждой поверхности  $\Pi_{i(j)}$  от внутренних концентраторов к наружным. Причем, поверхности  $\Pi_i$  верхней топливной сборки позиционированы поворотными вокруг центральной оси симметрии  $Z$  реактора, а поверхности  $\Pi_j$  нижней топливной сборки - со сдвигом вдоль неё. Такое позиционирование поверхностей  $\Pi_{i(j)}$  осуществлено, в частности, за счет того, что экран верхней топливной сборки скомпонован в ка-

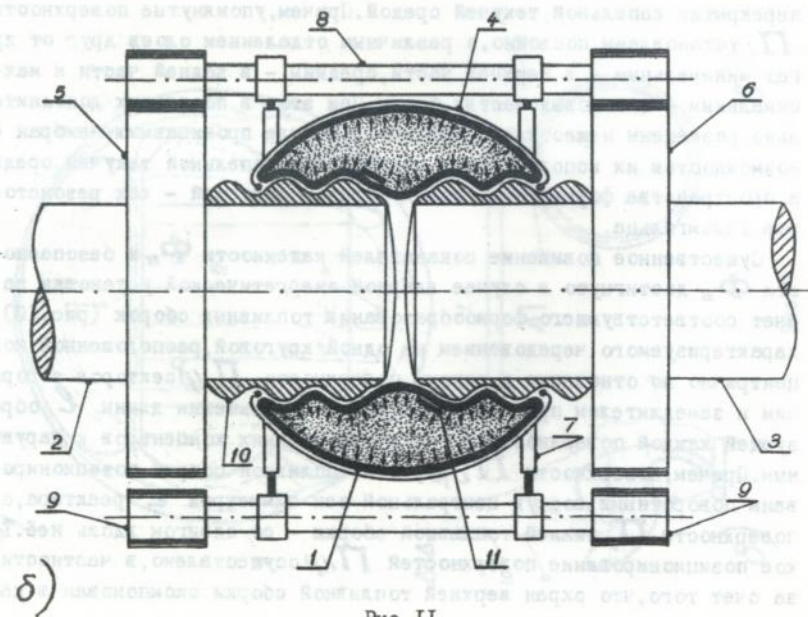
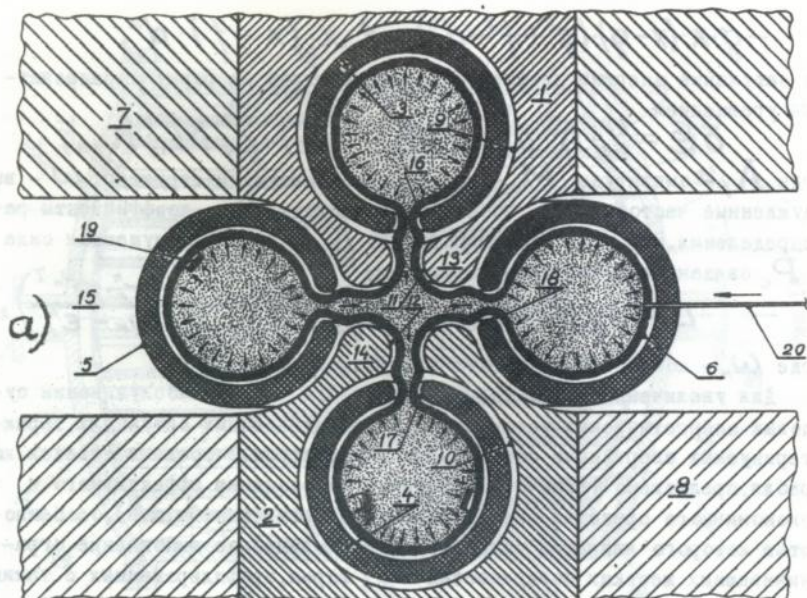


Рис. II

честве якоря шагового, а экран нижней топливной сборки — как якорь линейного электродвигателя. Предложенная энергетическая система отличается оптимальными массогабаритными параметрами, равномерностью и более полной глубиной выгорания топлива как по высоте, так и по окружности активной зоны и характеризуется ударо- и вибростойкостью, позволяя эффективным образом учитывать специфические требования корабельной динамической среды.

С целью обеспечения более высоких значений обобщающего критерия  $\Phi_{об}$  живучести, надежности и безопасности судовых энергетических установок, вспомогательных механизмов и устройств созданы защитные энергопоглощающие средства, преимущество которых является значительная степень варьированности в зависимости от изменения как рабочих параметров защищаемой системы, так и динамических воздействий поражающего фактора. При этом процесс реконфигурирования энергопоглощающего средства устойчиво обеспечивается, благодаря оптимальному сочетанию различных формообразований (рис. IIа) с жесткими  $\Pi_i$  и нежесткими  $\Pi_j$  поверхностями соответствующей кривизны  $H_n$ . Причем, внутрислойные пространства, образованные указанными поверхностями  $\Pi_i(j)$ , сообщаются между собой с возможностью регулируемого перераспределения в них управляющей текучей среды.

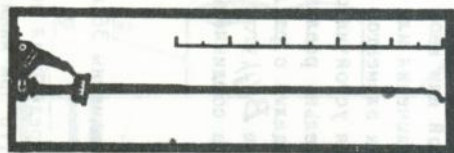
Показано, что существенная эффективность защиты судовых технических средств достигается с помощью энергопоглощающего средства, реконфигурирование которого основывается не только на применении переменных форм, но и на непосредственном изменении той или иной рабочей характеристики защищаемой системы за счет включения или исключения из формообразующих структур соответствующих элементов конфигурации (рис. IIб). Кроме того, большая динамическая устойчивость защищаемых корабельных и судовых объектов дополнительно реализована, благодаря применению разработанных крепежных изделий с различной по длине  $\ell_k$  образующей поверхностной твердостью  $B_i(j)$ , угол установки  $\alpha$  которых относительно плоскости контакта соединяемых элементов находится из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = A_p \cdot B_i \cdot B_j^{-1} \cdot \lg \ell_k \cdot d_\phi^{-1},$$

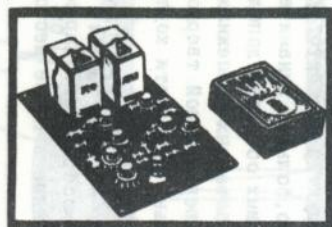
где  $A_p$  — амплитуды;  $d_\phi$  — формообразующий параметр.

Авторские разработки, указанные в главе шестой, защищены 36 изобретениями.

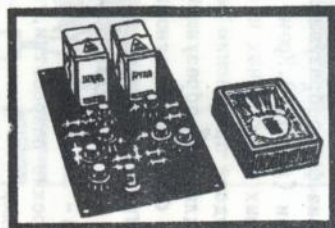
В главе седьмой на основе оптимального перераспределения регулирующего потока по объемам формообразующих структур при минимизации параметров аппаратного формообеспечения разработана эффекти-



a)

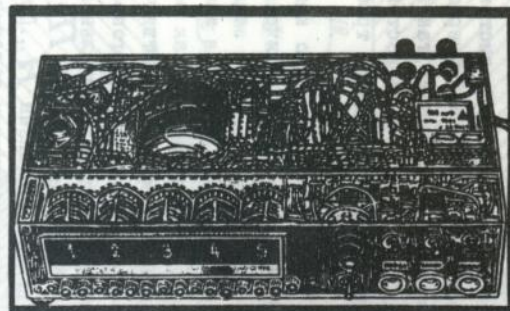


б)

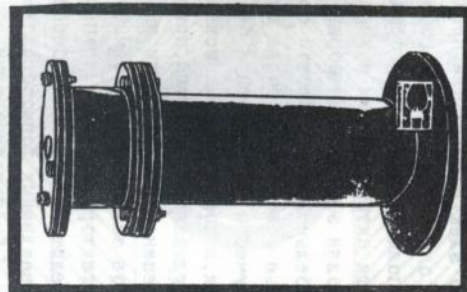


в)

Рис. I2



a)



б)

Рис. I3

вная быстродействующая система управления реконфигурацией судовых технических средств. Для повышения точности измерений при фиксировании перемещений  $\Delta x$  формы, опосредованных через флуктуации регулирующего потока, использован насадок в виде бусинкового термистора (рис. I2a), благодаря чему измерительная цепь располагается на большом расстоянии от датчика, так как соединительные линии незначительно влияют на результаты контроля вследствие высокого сопротивления  $R_s$  бусинки. При этом за счет расположения нескольких чувствительных элементов в виде сетки на поверхности формы достигнута высокая результативность измерений при минимальной погрешности и облегченной расшифровке их результатов. Причем, требуемая надежность регулирования формообразования в зависимости от тех или иных внутренних и внешних воздействий на систему получена с помощью не менее двух анализаторов сигнала датчика (рис. I2б, в), выполненных на базе электронных элементов, которые включены по схеме триггера Шмидта в виде двухкаскадного усилителя, охваченного петлей положительной обратной связи и имеющего два устойчивых состояния, при которых переход из одного состояния в другое происходит скачкообразно с достижением определенного значения напряжения на опорном резисторе.

В систему управления реконфигурацией судовых технических средств включен также блок оценки динамических воздействий поражающего фактора, сигналы от которого вместе с сигналами бусинковой сетки транслируются к конвертеру (рис. I3а), где аналогичные величины преобразуются в дискретные цифровые. Последний был разработан на интегральных микросхемах серии К-155 как генератор одиночных импульсов из двух основных узлов: счетного устройства сигналов контролируемых датчиков и формирователя импульсов управления реконфигурацией. При этом интервал между двумя смежными импульсами управления определяет необходимое время срабатывания  $T_c$  исполнительного органа и может быть задан в весьма широких пределах (от 5 мкс до 1с). Причем, составной частью исполнительного органа, решающим образом влияющей на эффективность его действия, служит созданное переключающее устройство (рис. I3б) с большой циклоустойкостью и быстродействием до 0,1 мс при минимизированных массогабаритных характеристиках. Такое устройство имеет несколько модификаций в виде модульного ряда, каждый из которых отличается высокоскоростным приводом с программой управления, построенной таким образом, что пауза  $T_n$  питающего напряжения на одном участке перекрывается импульсами напряжения и

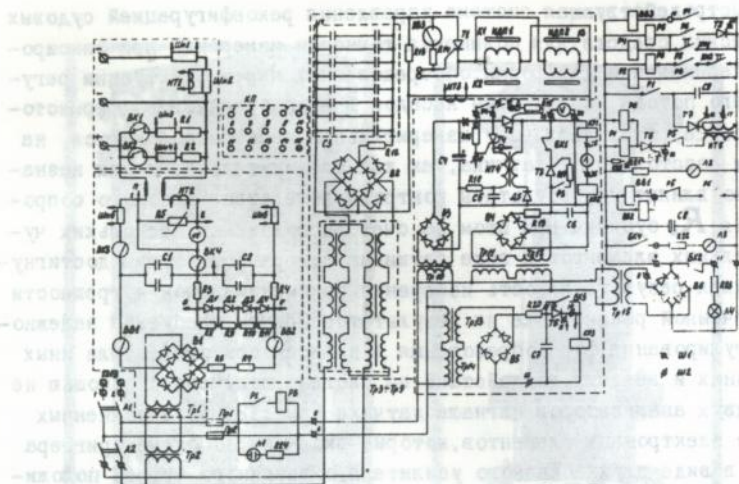
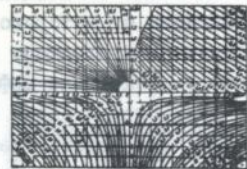
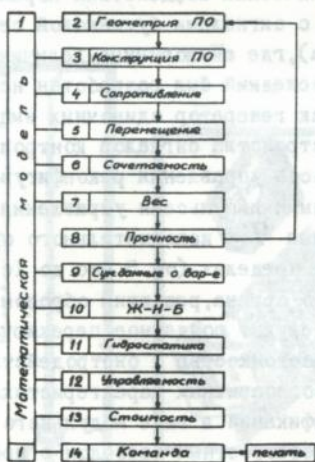


Рис.14

а)

б)



в)

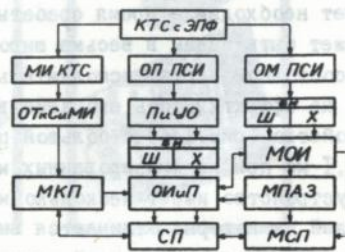


Рис.15

тока на другом путем их смещения ( $T_{см}$ ) согласно условиям:

$$T_{см} \geq T_{п} + T_{к} \leq T \quad \text{и} \quad T_{п} = (1 - \gamma) T_{доп} \geq T_{зи} \quad \text{при} \quad T_{п} = T_{с},$$

где  $T_{к}$  - полное время коммутации цепи;  $\gamma$  - электропожаробезопасная скажность;  $T_{зи}$  - длительность зондирующего импульса.

Структурно-функциональная схема указанного исполнительного органа (рис.14) апробирована при проведении многофакторных экспериментов по определению переключающей способности и быстрейшего действия системы с учетом требуемых значений критериев живучести  $\Phi_{ж}$ , надежности  $\Phi_{н(в)}$  и безопасности для различных судовых технических средств. Для удобства обслуживания данная система разделена на отдельные разъемные блоки, каждый из которых отличается высоким уровнем взрывопожаростойкости применительно к специфическим экстремальным условиям среды в корабельных и судовых отсеках. Реализация предложенной системы управления реконфигурацией судовых технических средств производится с помощью блок-схемы программы генерации и стабилизации оптимальных формообразований (рис.15а), составленной с учетом изменений местного сопротивления  $Z_{м}$ , допустимого перемещения  $\Delta_v$  участков поверхности  $P_{\phi}$  формы, их сочетаемости  $\mathcal{L}$ , увеличения или уменьшения массы  $M$  и прочности  $G$  структурных элементов. После выбора на основе разработанной номограммы (рис.15б) наиболее выгодного варианта реконфигурирования технического средства, уточняются показатели  $\Phi_{ж}$ ,  $\Phi_{н}$ ,  $\Phi_{в}$ , рассчитывается обобщающий критерий  $\Phi_{об}$  живучести, надежности и безопасности рассматриваемой судовой системы и определяются конечные параметры её гидростатики  $V$ , управляемости  $U$  и стоимости  $C$ .

На заключительном этапе внедрения системы реконфигурации судовых технических средств осуществляются приемосдаточные испытания, процедура которых предусматривает (рис.15в) как общие, так и специальные швартовные и ходовые проверки. Достоинством описанной системы является возможность её одновременного использования в задачах технического диагностирования корабельных и судовых энергетических установок, вспомогательных механизмов и устройств, в частности предупреждения опасных напряжений в тех или иных деталях и конструктивных узлах. При этом соответствующие датчики сигналов связаны с ПЭВМ посредством шины данных, одна из ПЭВМ выбрана в качестве ведущей и принимает на себя функции контроля и управления в случае выхода из строя другой ПЭВМ.

Авторские разработки, указанные в главе седьмой, защищены II изобретениями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Представлена нетрадиционная научная технология, связанная с ранее не изученной реконфигурацией судовых технических средств при новом подходе к классификации их структур.

2. Впервые предложена концептуальная модель реконфигурируемого повышения живучести, надежности и безопасности судовых технических средств с разработкой комплексных математических моделей.

3. Обоснована наиболее обобщенная методология проектирования и прогнозирования живучести, надежности и безопасности реконфигурируемых судовых технических средств.

4. Созданы и защищены 45 изобретениями оптимизированные структуры судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внешнем поражающем факторе.

5. Созданы и защищены 43 изобретениями оптимизированные структуры судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при доминирующем внутреннем поражающем факторе.

6. Созданы и защищены 36 изобретениями оптимизированные структуры судовых технических средств повышенной живучести, надежности и безопасности, реконфигурируемых при комбинированном поражающем факторе.

7. Разработана и защищена II изобретениями быстродействующая система управления реконфигурацией судовых технических средств.

В диссертационной работе представлены теоретические комплексные положения и практические пионерные разработки, имеющие важное народнохозяйственное значение, совокупность которых можно квалифицировать как новое перспективное научное направление. Их реализация при постройке, переоборудовании, модернизации и ремонте кораблей и судов различного назначения и классов подтвердила высокую эффективность и экономичность предложенных научно-технических решений и показала возможность широкого применения в других, машиностроительных, отраслях народного хозяйства.

Автор с большой признательностью отмечает действенную помощь сотрудников заинтересованных организаций при обсуждении и внедрении в производство результатов диссертационной работы и выражает всем им глубокую благодарность.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Экспериментальное моделирование процесса вентиляции судовых объемов / Технология судостроения, № 1. - Л.: Судостроение, 1975 (в соавторстве).
2. Вентиляционный агрегат / Авторское свидетельство СССР по заявке № 1977876 от 18.12.73г. (в соавторстве).
3. Оценка влияния судовой среды на функционирование систем "человек-машина" / Проблема "человек-машина" на морских судах. - Л.: Судостроение, 1975 (в соавторстве).
4. Кондиционирование воздуха малых объемов при сложных эксплуатационных условиях / Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха. - Волгоград, НТОС, 1975.
5. Дисперсный анализ среды в закрытых стесненных объемах / Промышленные аэрозоли. - Киев: Знание, 1975.
6. Исследование и разработка эффективных средств комплексной защиты по промышленной безопасности. - М.: ВИНТИ - рег. № 72031250 1974 (в соавторстве).
7. Улучшение условий и повышение производительности труда. - Симферополь: Таврия, 1976 (в соавторстве).
8. Пути совершенствования вентиляции / Материалы Отрасл. НТС. - Астрахань: ЦПКТБ, 1975.
9. Опыт эргономического улучшения факторов среды / Эргономика. - Киев: Знание, 1975 (в соавторстве).
10. К вопросу улучшения воздушного режима замкнутых объемов / Охрана окружающей среды. - Л.: НТОС, 1975.
11. Исследование скоростного поля стесненных объемов / Промышленные аэрозоли. - Киев: Знание, 1975.
12. Система защиты взрывоопасных загроможденных пространств / Материалы Всесоюз. НПК. - М.: ВНИИПО, 1975.
13. Исследование вентиляции в замкнутых стесненных пространствах / Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха. - Волгоград, НТОС, 1975.
14. Исследование и внедрение защитных средств безопасности. - М.: ВИНТИ - рег. № 72005935, 1974 (в соавторстве).
15. Вентиляция судовых помещений / Судостроение, № 3. - Л.: Судостроение, 1975 (в соавторстве).
16. Эргономика / Уч. пос. для вузов. - Киев: Вища школа, 1976 (в соавторстве).
17. Особенности вентиляции замкнутых стесненных пространств с загромождением / Материалы Отрасл. НТС. - Астрахань: ЦПКТБ, 1975.
18. Моделирование систем "человек-техника-среда" с учетом факторов живучести и надежности / Материалы Республ. НТС. - Киев: Знание, 1976.
19. Исследование и разработка быстродействующих переключающих устройств. - М.: ВИНТИ - рег. № Р006196, 1976 (в соавторстве).
20. Некоторые результаты исследования параметров среды глухих

замкнутых пространств / Охрана труда в промышленности. - Рига: РПИ, 1977.

21. Учет аэрозольного фактора при судовом проектировании / Материалы Отрасл. НТС. - Астрахань: ЦПКТБ, 1975.

22. Исследование и разработка эффективных звукозащитных устройств. - М.: ВИНТИ - рег. № 74067112, 1976 (в соавторстве).

23. Анализ живучести и безопасности некоторых судовых систем "человек-машина" / Материалы Республ. НТК. - Киев: Знание, 1976.

24. Быстродействующее коммутационное устройство отключения и переключения / Авторское свидетельство СССР по заявке № 3426394 от 19.04.82г. (в соавторстве).

25. О контроле загрязнения среды / Производственная среда и интенсификация технологических процессов. - Киев: Знание, 1976.

26. Датчик концентрации / Приборостроение, вып. 18. - Киев: Техника, 1975.

27. Повышение надежности нагнетательных систем / Кондиционеры. - М.: ЦНИИТЭСМ, 1976.

28. Некоторые аспекты моделирования в эргономике / Эргономика и охрана труда. - Киев: Знание, 1977.

29. Эргономические аспекты компьютерных графических технологий / Материалы IX Всесоюз. НМС. - Севастополь: СВВМИУ, 1989.

30. Научно-технический прогресс и защита окружающей среды. - Киев: Знание, 1978 (в соавторстве).

31. Об улучшении параметров среды на рабочих местах / Охрана труда в промышленности. - Рига: РПИ, 1977.

32. Модульное устройство для звукопоглощения / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4410254 от 14.04.88г.

33. Улучшение эксплуатационных характеристик нагнетателя / Вентиляторы. - М.: Знание, 1978.

34. Опыт проектирования судовых систем регулирования среды / Труды Николаевского кораблестроительного института, вып. 143. - Николаев: НКИ, 1978 (в соавторстве).

35. Комплексные исследования малоинерционных датчиков контроля среды. - М.: ВИНТИ - рег. № 75017661, 1977 (в соавторстве).

36. Некоторые аспекты улучшения безопасности труда / Материалы УИ НТК. - Братск: БИИ, 1985 (в соавторстве).

37. Учет факторов эргономики для загроможденных объектов / Эргономика и труд. - Киев: Знание, 1977.

38. О моделях оценивания и идентификации среды / Материалы Республ. НТК. - Симферополь: СГУ, 1977.

39. Судовое аэродинамическое устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4510269 от 06.03.89г.

40. Геометрическое моделирование нагнетателей в судовых системах / Материалы IX Всесоюз. НМС. - Севастополь: СВВМИУ, 1989.

41. Математические модели надежности систем "человек-машина-судовая среда" / Материалы Республ. НТК. - Киев: Знание, 1977.

42. Корабельное быстродействующее защитное средство / Авторс-

кое свидетельство СССР по заявке № 4520891 от 02.10.89г.

43. Повышение экономичности вентиляционной установки / Кондиционеры. - М.: ЦНИИТЭСМ, 1977.

44. Анализ неупорядоченных течений при моделировании / Охрана труда в промышленности. - Рига: РПИ, 1977 (в соавторстве).

45. Аппроксимация переменных форм ТГ-сплавами / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

46. Рациональные методы совершенствования судовой защитной системы / Труды Николаевского кораблестроительного института, вып. 143. - Николаев: НКИ, 1978 (в соавторстве).

47. Аэродинамический модульный интенсификатор / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4392915 от 18.03.88г.

48. Создание опытного образца быстродействующего устройства переключения. - М.: ВИНТИ - рег. № 78049948, 1979 (в соавторстве).

49. Некоторые аспекты моделирования нестационарных процессов / Проблемы контроля среды. - Киев: Наукова думка, 1979.

50. Актуальные вопросы защиты окружающей среды. - Киев: Знание, 1978 (в соавторстве).

51. Нестационарные поверхностные структуры некоторых судовых моделей / Материалы Всесоюзн. НКК. - Алма-Ата: НТОС, 1990.

52. Компенсирующая система для соединений корабельных трубопроводов / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4501789 от 15.11.88г. (в соавторстве).

53. Разработка и исследование эффективности технических средств акустической защиты. - М.: ВИНТИ - рег. № 75009599, 1977 (в соавторстве).

54. Конструирование регулируемых технических поверхностей / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

55. Исследование и создание эффективных защитных средств судовой безопасности / Проблемы охраны труда. - Кишинев: Штиинца, 1978 (в соавторстве).

56. Художественно-конструкторская оценка некоторых судовых систем / Теория и практика охраны труда. - Рига: РПИ, 1979.

57. Корабельный технологический модуль / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4523462 от 27.10.89г.

58. Повышение эффективности импульсных систем защитных средств безопасности / Материалы VI НТК. - Братск: БИИ, 1985.

59. Исследование виброзащитных средств промышленной безопасности. - М.: ВИНТИ - рег. № 76003196, 1978 (в соавторстве).

60. Корабельная регулируемая система защиты / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4511836 от 04.04.89г.

61. Методы и средства нормализации условий промышленной безопасности. - Киев: Знание, 1979 (в соавторстве).

62. Некоторые аспекты создания аппаратурной и программной базы графических технологий / Материалы НКК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

63. О выборе мест пробоотбора при контроле среды / Проблемы

контроля среды. - Киев:Наукова думка,1979 (в соавторстве).

64. Эргономическая оценка при геометрическом проектировании судовых объектов / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ,1991.

65. Корабельное гидроаэродинамическое устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4526061 от 24.01.90г.

66. Повышение живучести и безопасности морских систем "человек-машина" / Материалы Всесоюзн. НТС. - Киев:Знание,1977.

67. Эргономическое проектирование судовых технических средств / Материалы Межотрасл. НПК. - Новосибирск:НТОС,1978.

68. Особенности использования ЭВМ при выборе параметров технических средств / Теория и практика охраны труда. - Рига:РПИ,1979.

69. Акустические модули с незакономерными поверхностями / Материалы IX Всесоюзн. НМС. - Севастополь:СВВМИУ,1989.

70. Контроль загрязнения среды. - Киев:Знание,1980 (в соавторстве).

71. Быстродействующее устройство для перекрытия проема / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4689266 от 05.05.89г.

72. Эргономическая экспертиза проектов / Материалы Всесоюзн. НПК. - Киев:Знание,1978.

73. Алгоритмизация контроля проектов / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ,1990 (в соавторстве).

74. Регулируемое соединение корабельных трубопроводов / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4532895 от 04.07.90г.

75. Организация судовой вентиляции в нестандартных условиях / Вопросы судостроения. - Л.:ЦНИИ "Румб",1979 (в соавторстве).

76. Обеспечение надежности систем "человек-машина-морская среда" / Материалы Республ. НТК. - Киев:Знание,1978.

77. Судовая аэродинамическая модульная система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4505792 от 03.01.89г.

78. Исследование и разработка защитных акустических средств в системах промышленной безопасности. - М.:ВИНИТИ - рег. № 78049949, 1979 (в соавторстве).

79. Оптимизация поверхностей судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1991.

80. Корабельный движительный модуль / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4514929 от 22.05.89г.

81. Учет вихревых эффектов при геометрическом моделировании / Материалы Всесоюзн. НМК. - Алма-Ата:НТОС,1990.

82. Вентиляция загроможденных объектов / Защита производственной среды от вредных факторов. - Киев:Знание,1978.

83. Инженерная и компьютерная графика / Под научной редакцией автора. - Севастополь:СВВМИУ,1989.

84. Реконфигурируемое повышение живучести,надежности и безопасности корабельных технических средств / Материалы НТК. - Ленинград-Петродворец:ВВМУРЭ,1991.

85. Соединительное устройство для судовых валов и трубопрово-

дов / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4507823 от 24.01.89г. (в соавторстве).

86. Функциональное конструирование поверхности для повышения живучести судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

87. Каскадное регулирование некоторых судовых систем / Теория и практика охраны труда. - Рига:РПИ, 1979 (в соавторстве).

88. Судовая модульная защитная система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4529143 от 27.03.90г.

89. Эргономические критерии в оценке проблемы промышленной безопасности / Психологические вопросы безопасности. - Тарту:Тартуский государственный университет, 1981.

90. Пути повышения эффективности промышленной безопасности. - Киев:Знание, 1981 (в соавторстве).

91. Акустический элемент защиты с модульной структурой / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4690593 от 12.05.89г.

92. Безопасность судовых технических средств: геометрические аспекты / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

93. Организация безопасной среды в загроможденных объемах / Теория и практика охраны труда. - Рига:РПИ, 1979.

94. Аэродинамическая модульная система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4776274 от 27.03.89г.

95. Графоаналитический программный анализ гидродинамических процессов / Материалы IX Всесоюз. НМС. - Севастополь:СВВМИУ, 1989.

96. Определение оптимальных режимов функционирования специальных судовых систем / Вопросы судостроения. - Л.:ЦНИИ "Румб", 1980 (в соавторстве).

97. Защитно-регулирующая система в соединяемых корабельных трубопроводах / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4521323 от 09.10.89г.

98. Совершенствование базы графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

99. Повышение к.п.д. нагнетателя / Кондиционеры. - М.:ЦНИИ ТЭСМ, 1979.

100. Проблемы графической технологии, ч. I / Под научной редакцией автора. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

101. Модульное устройство интенсификации аэродинамических процессов / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4800266 от 12.12.89г.

102. Моделирование геометрических объектов переменной формы / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

103. Быстродействующее защитное коммутационное устройство / Межотраслевые и научно-технические вопросы охраны труда, вып. 7. - М.:ВЦНИИОТ, 1980 (в соавторстве).

104. Защитное устройство для корабельных систем / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4523769 от 05.12.89г.

I05. Геометрическое обеспечение оптимального проектирования судовых конструкций по фактору их живучести / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

I06. Совершенствование системы контроля параметров при защите среды / Технические средства освоения океана. - Севастополь: СВВМИУ,1982 (в соавторстве).

I07. Защитное судовое устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4524245 от 16.07.89г.

I08. Практические приемы компьютерных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ,1990.

I09. Состояние оператора в труде : особенности обеспечения контроля / Психологические вопросы безопасности. - Тарту:Тартуский государственный университет,1981 (в соавторстве).

I10. Корабельное движительно-рулевое устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4539063 от 31.01.91г.

I11. Влияние процесса регулирования на устойчивость судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ,1992.

I12. Аэродинамический ускоритель газового потока / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4852454 от 19.07.90г.

I13. Защита среды при эксплуатации судовых энергетических установок / Материалы рабочих программ. - Севастополь: ЧВВМУ им.адмирала П.С.Нахимова,1981.

I14. Моделирование и графическое представление задач судовой гидроаэродинамики / Материалы IX Всесоюзн. НМС. - Севастополь: СВВМИУ,1989.

I15. Корабельная энергетическая установка / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4531379 от 29.05.90г. (в соавторстве).

I16. Актуальные проблемы графической технологии / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1991.

I17. Распределительные устройства в системах промышленной безопасности. - Киев:Знание,1983.

I18. Реализация прогрессивных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ,1991.

I19. Гидроаэродинамическая модульная система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4825234 от 14.05.90г.

I20. Геометрическое конструирование виброшумотеплозащитных судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

I21. Судовой переборочный трубопроводный соединительный стакан / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4539036 от 25.12.90г.

I22. Корабельная энергетическая установка / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4526297 от 24.01.90г. (в соавторстве).

I23. Быстродействующие защитные комбинированные устройства переключения для систем безопасности / Проблемы охраны труда. - Каунас:КПИ,1982 (в соавторстве).

I24. Формирование геометрических объектов с увеличением фактора безопасности / Материалы Международной НТК. - Севастополь:

СВВМИУ, 1991.

125. Защитное корабельное устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4529688 от 17.04.90г.

126. Прогнозирование безопасности в условиях неопределенности / Психологические вопросы безопасности. - Тарту:Тартуский государственный университет, 1981 (в соавторстве).

127. Методические особенности обеспечения графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

128. Корабельное передающее устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4539738 от 22.02.91г.

129. Особенности геометрической оптимизации судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

130. Судовой технологический модуль / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4536996 от 03.12.90г.

131. Графическая аппроксимация формы гибких оболочек / Материалы IX Всесоюз. НМС. - Севастополь:СВВМИУ, 1989.

132. Подъемная модульная система / Патент РФ по заявке № 5101-627 от 23.07.92г.

133. Актуальные проблемы инженерной и компьютерной графики. - Киев:Знание, 1990.

134. Модульная энергетическая система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4375332 от 02.02.88г.

135. Определение геометрических характеристик поверхностей, обеспечивающих надежность и безопасность судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

136. Быстроразъемное соединение многооболочечных трубопроводов / Патент РФ по заявке № 5101629 от 23.07.92г.

137. Оптимизация оборудования для качественных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

138. Подводная корабельная модульная система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4528222 от 07.03.90г. (в соавторстве).

139. Регулируемые судовые оболочки в трехмерном пространстве / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

140. Корабельное движительно-рулевое устройство / Патент РФ по заявке № 5101186 от 20.04.92г.

141. Геометрическое моделирование пространственных судовых конструкций специального назначения / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

142. Об эффективности мероприятий по предупреждению опасных производственных факторов / Теория и практика охраны труда. - Рига:РПИ, 1979.

143. Судовое гидроаэродинамическое устройство / Патент РФ по заявке № 5101832 от 17.09.92г.

144. Элементы компьютеризации графических технологий / Материалы Республ. НМК. - Кемерово:КТИ, 1992.

145. Исследование и разработка надежных средств нормализации при заданных жестких параметрах регулирования. - М.:ВНИТИ - рег.

№ I34006754, 1984 (в соавторстве).

I46. Программное обеспечение графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

I47. Защитное судовое устройство / Патент РФ по заявке № 510I-760 от 24.03.92г.

I48. Расчет характеристик судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

I49. Средство навигационной безопасности с модульной структурой / Патент РФ по заявке № 510I279 от 19.05.92г.

I50. Экспериментальные испытания быстродействующего защитного коммутационного устройства. - М.:ВИНИТИ - рег. № P-80026228, 1980 (в соавторстве).

I51. Корабельный движительно-рулевой комплекс / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4539310 от 07.02.91г.

I52. Конструирование надежных судовых технических средств на основе переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

I53. Судовое подъемное средство с модульной структурой / Патент РФ по заявке № 5100850 от 24.10.91г.

I54. Расчет параметров импульсной схемы методом диаграммы в системах промышленной безопасности / Приборостроение, вып. 33. - Киев:Техника, 1982 (в соавторстве).

I55. Численная визуализация судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1991.

I56. Корабельное спасательное средство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4540662 от 29.03.91г.

I57. Организация компьютерных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

I58. Корабельное устойчивое передающее устройство / Патент РФ по заявке № 5100133 от 20.11.91г.

I59. Комплексный подход к решению графических технологий / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

I60. Номограммы расчета судовых защитно-регулирующих устройств / Материалы Республ. НТС. - Ленинград:НТОС, 1980.

I61. Соединительное устройство корабельных трубопроводных систем / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4537246 от 11.12.90г.

I62. Состояние и перспективы совершенствования компьютерных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь:СВВМИУ, 1990 (в соавторстве).

I63. Формирование геометрических моделей реконфигурируемых технических средств / Материалы Республ. НТК. - Санкт-Петербург:НТОМС, 1992.

I64. Аэродинамическая модульная система / Патент РФ по заявке № 5101803 от 04.09.92г.

I65. Проектирование эффективных судовых переменных форм на модульной основе / Материалы Международной НТК. - Севастополь:

СВВМИУ, 1991.

166. Модификация пользовательских интерфейсов графических редакторов / Гибридные экспертные системы в задачах проектирования. - Санкт-Петербург: НТОМС, 1992.

167. Корабельный защитный комплекс / Патент РФ по заявке № 51-01770 от 24.03.92г.

168. Акустические модули с подвижной поверхностью / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

169. Судовой компенсатор для двухболоочечных труб / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541933 от 17.05.91г.

170. Создание быстродействующего комбинированного коммутационного устройства для систем промышленной безопасности. - М.: ВИНТИ - рег. № Р-81100420, 1987 (в соавторстве).

171. Корабельное устойчивое защитное закрытие / Патент РФ по заявке № 5101661 от 03.08.92г.

172. Планирование и финансирование мероприятий по безопасности в судостроении / Труды Николаевского кораблестроительного института, сер. "Охрана труда в судостроительной промышленности". - Николаев: НКИ, 1982 (в соавторстве).

173. Некоторые аспекты проектирования формы корпуса с учетом внешних воздействий / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

174. Судовое якорно-подруливающее устройство / Патент РФ по заявке № 5025363 от 06.11.91г.

175. Совершенствование защитных систем загроможденных объектов / Проблемы охраны труда. - Каунас: КПИ, 1982.

176. Корабельная энергетическая установка / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541283 от 18.04.91г.

177. Прогрессивные графические технологии в проектировании / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

178. Судовой технологический модуль / Патент РФ по заявке № 5-101424 от 15.06.92г.

179. Стенд для синтетических испытаний быстродействующих комбинированных устройств переключения в системах промышленной безопасности / Межотраслевые научные и производственно-технические вопросы охраны труда. - М.: ВДНИИОТ, 1982 (в соавторстве).

180. Корабельная энергетическая установка / Патент РФ по заявке № 5101281 от 19.05.92г. (в соавторстве).

181. Пути использования компьютерных графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

182. О геометрическом моделировании объектов переменной формы / Материалы Всесоюз. НМС. - Полтава: Полтавский инженерно-строительный институт, 1991.

183. Судовой волновой движитель / Патент РФ по заявке № 5101-386 от 01.10.92г. (в соавторстве).

184. Формирование поверхностей, рациональных для обеспечения надежности и безопасности исследуемых объектов / Материалы международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

185. Повышение электробезопасности при сверхбыстродействующей коммутации / Проблемы охраны труда. - Каунас: КЛИ, 1982 (в соавторстве).

186. Аэродинамический ускоритель газового потока / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4911375 от 19.02.91г.

187. Формирование эффективной системы защиты на основе переменных геометрических объектов / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

188. Судовой технологический модуль / Патент РФ по заявке № 5100125 от 17.10.91г.

189. Построение геометрических моделей высокобезопасных судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

190. Корабельное движительно-рулевое устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4521809 от 16.10.89г.

191. Приборная идентификация информативных переменных критериев / Физиологическое нормирование труда. - Донецк: АН УССР, 1991 (в соавторстве).

192. Морское спасательное устройство / Патент РФ по заявке № 5100488 от 09.01.92г.

193. Повышение эффективности графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

194. Быстродействующее регулирование геометрии судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

195. Судовое якорно-швартовное устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4791121 от 29.11.89г.

196. Исследование, разработка и внедрение эффективных средств комплексной защиты, контроля и регулирования в системах промышленной безопасности. - М.: ВИНТИ - рег. № 30026227, 1986 (в соавторстве).

197. Корабельный технологический модуль / Патент РФ по заявке № 5101440 от 23.05.92г.

198. О формировании базы графических стандартов / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991 (в соавторстве).

199. Геометрическая модернизация проектных решений / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

200. Судовое регулируемое защитное закрытие / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4540663 от 29.03.91г.

201. Геометрические аспекты компьютерной графической технологии проектирования реконфигурируемых технических средств / Материалы Республ. НК. - Витебск: ВТИ, 1992.

202. Модульная энергетическая установка / Патент РФ по заявке № 5062056 от 10.09.92г.

203. Деятельностная концепция построения графической технологии / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

204. Мобильная энергетическая система / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4910243 от 12.02.91г.

205. Судовое защитное устройство / Патент РФ по заявке № 510-1135 от 02.04.92г.

206. Некоторые аспекты улучшения и анализа эффективности графических технологий / Материалы IX Всесоюзн. НМС. - Севастополь: СВВМИУ, 1989.

207. Роль профотбора в оптимизации систем "человек-машина-морская среда" / Современные методы профориентации и профотбора. - Донецк: АН УССР, 1983 (в соавторстве).

208. Корабельное опорно-демпфирующее устройство / Патент РФ по заявке № 5101162 от 09.04.92г.

209. Оптимальное геометрическое проектирование судовых конструкций / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

210. Судовая энергетическая установка / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541060 от 12.04.91г.

211. Корабельная глобоководная система / Патент РФ по заявке № 5100456 от 26.09.91г.

212. Обеспечение надежности судовых технических средств формообразованием / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

213. Судовое стопорное устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541760 от 12.05.91г. (в соавторстве).

214. Модульное устройство защиты / Патент РФ по заявке № 5100-477 от 09.01.92г.

215. Использование ЭВМ при идентификации геометрических моделей в графических технологиях / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

216. Морская модульная защитная конструкция / Патент РФ по заявке № 5101161 от 06.04.92г.

217. Геометрические вопросы конструирования судовых технических средств по параметрам живучести, надежности и безопасности / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

218. Судовое вентиляционное устройство / Патент РФ по заявке № 5101663 от 03.08.92г.

219. Энергетическая установка повышенной надежности / Патент РФ по заявке № 5009746 от 11.09.91г.

220. Организация подготовки графических баз данных при проектировании корабельных технических средств / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

221. Комбинированное защитно-фильтрующее устройство / Патент РФ по заявке № 5101507 от 29.06.92г.

222. Демпфирующее соединение корабельных трубопроводов повышенной живучести / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541-457 от 09.04.91г.

223. Некоторые аспекты геометрии судовых переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

224. Оптимизация параметров комбинированных коммутационных устройств для быстродействующих систем защиты / Безопасность и на-

дежность энергоснабжения. - Днепропетровск: Научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт автоматизации, 1982 (в соавторстве).

225. Корабельное комбинированное движительное средство / Патент РФ по заявке № 5101554 от 09.07.92г.

226. Повышение живучести судовых систем на базе эффективных геометрических форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

227. Комбинированное аэрационное устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4837318 от 28.03.91г. (в соавторстве).

228. Технологический модуль повышенной надежности / Патент РФ по заявке № 5101637 от 09.07.92г.

229. Исследование влияния геометрических параметров на живучесть судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

230. Морская технологическая конструкция высокой устойчивости / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4923012 от 29.03.91г.

231. Корабельный глубоководный технологический комплекс / Патент РФ по заявке № 5101164 от 16.04.92г.

232. О геометрической унификации элементов судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

233. Судовой движительно-рулевой комплекс / Патент РФ по заявке № 5101195 от 23.04.92г.

234. Активизация графических технологий / Материалы НМС. - Севастополь: Черноморское высшее военно-морское училище им. адмирала П.С.Нахимова, 1991.

235. Оптимизационно-геометрическое проектирование судовых технических систем / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

236. Быстродействующее комбинированное коммутационное устройство / Патент РФ по заявке № 5101021 от 26.03.92г.

237. Корабельный герметизированный переборочный токоввод / Патент РФ по заявке № 5100973 от 05.03.92г.

238. Использование ПЭВМ при идентификации графических технологий / Материалы НМК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

239. Обеспечение живучести судовых технических средств формообразованием / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

240. Корабельное компактное защитное устройство / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4540935 от 09.04.91г.

241. Морская технологическая система комбинированного типа / Патент РФ по заявке № 5101769 от 24.03.92г.

242. Теоретические основы геометрического проектирования высоконадежных судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

243. Модульная энергетическая установка / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4910585 от 12.02.91г.

244. Совершенствование пользовательских интерфейсов графических редакторов / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992 (в соавторстве).

245. Корабельная глубоководная система / Патент РФ по заявке № 5101543 от 25.06.92г.

246. Демпфирующее соединение корабельных трубопроводов разного диаметра / Патент РФ по заявке № 5101253 от 12.05.92г.

247. Трансформируемая модель переменных форм в гидроаэродинамических системах / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

248. Энергоэкономичная модульная конструкция / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4833494 от 05.06.90г.

249. Комбинированный ускоритель газового потока / Патент РФ по заявке № 5019473 от 06.11.91г.

250. Надежность эрготехнических систем: моделирование на ЭВМ и приборное обеспечение контроля / Материалы Международной НТК. - Новгород: АН СССР, 1981 (в соавторстве).

251. Судовая виброустойчивая энергетическая установка / Патент РФ по заявке № 5101280 от 19.05.92г.

252. Вопросы геометрической унификации элементов специальных судовых технических средств / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

253. Корабельный технологический модуль / Патент РФ по заявке № 5100130 от 18.11.91г.

254. Совершенствование систем защиты среды загроможденных помещений / Повышение эффективности и совершенствование средств защиты среды. - Л.: НТОС, 1982 (в соавторстве).

255. Компенсатор для судовых трубопроводов комбинированного типа / Патент РФ по заявке № 5100851 от 28.10.91г.

256. Быстродействующее защитное устройство для перекрытия проема / Патент РФ по заявке № 5101506 от 29.06.92г.

257. Геометрические модели и алгоритмы решения задач управляемости и мореходности судов / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1991.

258. Судовая комплексная подъемная система / Патент РФ по заявке № 5101459 от 18.06.92г.

259. Обеспечение деформационной устойчивости корабельных трубопроводных систем / Повышение эффективности техники ВМФ. - Севастополь: Севастопольский военно-морской институт, 1993 (в соавторстве).

260. Создание высоконадежных гибких оболочек / Материалы Международной НТК. - Севастополь: СВВМИУ, 1992.

261. Модульная аэродинамическая система повышенной надежности и безопасности / Патент РФ по заявке № 5101906 от 08.10.92г.

262. Совершенствование специальных технических средств высоконадежной нормализации среды / Материалы НТК. - М.: ВНИИР, 1985 (в соавторстве).

263. Подводное судовое устройство комбинированного типа / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4537069 от 04.12.90г.

264. Оптимизационно-геометрическое проектирование судовых систем / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

265. Энергоемкая аэродинамическая система мобильной структуры / Патент РФ по заявке № 5100506 от 20.09.91г.

266. Корабельный электромагнетатель повышенной вибротеплозащитности / Патент РФ по заявке № 5101315 от 28.05.92г. (в соавторстве).

267. Конструирование судовых устройств для звукопоглощения на основе переменных форм / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

268. Улучшение виброзащитности корабельных механизмов / Безопасность эксплуатации судовых энергетических установок. - Севастополь:УкрНИТОС,1993 (в соавторстве).

269. Корабельная комплексная аэродинамическая система / Патент РФ по заявке № 5100849 от 10.10.91г.

270. Опыт оптимального проектирования и регулирования геометрии переменных форм. - Киев:Знание,1991.

271. Оптимальное проектирование надежных судовых защитных устройств / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

272. Корабельная минимизированная глубоководная система / Патент РФ по заявке № 5101252 от 12.05.92г.

273. Методологические и аппаратные аспекты повышения эффективности функционирования высокоточных систем микроклимата / Материалы НТК. - М.:ВНИИР,1985 (в соавторстве).

274. Защитное устройство для ускоренного перекрытия проема / Патент РФ по заявке № 5101133 от 09.04.92г.

275. Корабельный движительно-рулевой комплекс / Патент РФ по заявке № 5101662 от 03.08.92г.

276. Конструирование судовых защитных устройств с минимизацией их массовых характеристик / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

277. Повышение надежности корабельных движительных комплексов / Повышение эффективности техники ВМФ. - Севастополь:Севастопольский военно-морской институт,1993 (в соавторстве).

278. Судовое герметизированное защитное закрытие / Патент РФ по заявке № 5100920 от 12.03.92г.

279. Корабельная вибротеплоустойчивая энергетическая установка / Патент РФ по заявке № 5101564 от 13.07.92г. (в соавторстве).

280. Устройство для автоматизированного управления расходами текучей среды в судовых системах / Приборостроение. - Киев:Техника,1979 (в соавторстве).

281. Геометрическое обеспечение судового проектирования / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

282. Опытная система комплексной защиты,контроля и регулирования безопасности производственной среды / Межотраслевые,научные и производственно-технические вопросы охраны труда. - М.:ВЦНИИОТ,

1983 (в соавторстве).

233. Технологический защитный модуль для систем безопасности / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4948327 от 20.05.91г.

234. Комплексное обеспечение надежности и безопасности корабельной энергетической установки / Безопасность эксплуатации судовых энергетических установок. - Севастополь:УкрНИТОС, 1993 (в соавторстве).

235. Модульная энергетическая установка с минимизированными массогабаритными характеристиками / Патент РФ по заявке № 5012009 от 16.09.91г.

236. Структурный анализ операций графической технологии / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

237. Судовое быстродействующее спасательное устройство повышенной надежности / Патент РФ по заявке № 5101136 от 02.04.92г.

238. Комбинированное корабельное фильтрующее устройство / Патент РФ по заявке № 5101664 от 03.08.92г.

239. Судовая энергетическая установка с повышенной динамической и тепловой защитой / Патент РФ по заявке № 5100627 от 09.01.92г.

290. Об оптимизации графических технологий / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ, 1992.

291. Энергоэкономичная модульная конструкция / Патент РФ по заявке № 5019985 от 21.11.91г.

292. Транспортное средство с улучшенными гидроаэродинамическими параметрами / Авторское свидетельство ССР по заявке № 4539697 от 21.02.91г.

293. Корабельный движительно-рулевой комплекс / Патент РФ по заявке № 5101885 от 01.10.92г.

294. Разработка эффективных регулирующих устройств для систем промышленной безопасности / Межотраслевые, научные и производственно-технические вопросы охраны труда. - М.:ВЦНИИОТ, 1984 (в соавторстве).

295. Проблемы графической технологии / Под научной редакцией автора. - Севастополь:СВВМИУ, 1991. - Ч.2.

296. Судовая комплексная глубоководная система / Патент РФ по заявке № 5100950 от 12.03.92г.

297. Энергетическая установка комбинированного типа - Патент РФ по заявке № 5101438 от 23.05.92г. (в соавторстве).

298. Модульное морское плавсредство повышенной безопасности / Патент РФ по заявке № 5101251 от 12.05.92г.

299. Корабельный движительно-рулевой комплекс / Патент РФ по заявке № 5101442 от 11.06.92г. (в соавторстве).

300. Судовое комбинированное защитное устройство / Патент РФ по заявке № 5101214 от 27.04.92г.

301. Малогабаритный переключатель / Патент РФ по заявке № 5101628 от 23.07.92г.

302. Судовая энергетическая установка с улучшенными виброакус-

тическими параметрами / Авторское свидетельство СССР по заявке № 4541282 от 18.04.91г.

303. Корабельная комбинированная защитная система / Патент РФ по заявке № 5101625 от 23.07.92г.

304. О повышении уровня графических технологий / Материалы Международной НТК. - Севастополь:СВВМИУ,1992.

305. Модульное энергетическое устройство / Патент РФ по заявке № 5101565 от 13.07.92г.

306. Корабельное вытяжное средство с комплексной структурой / Патент РФ по заявке № 5101626 от 27.07.92г.

307. Энергетическая установка минимизированной массогабаритной конструкции / Патент РФ по заявке № 5101442 от 11.06.92г.

308. Судовой технологический модуль / Патент РФ по заявке № 51-01493 от 25.06.92г.

309. Демпфирующее соединение корабельных трубопроводов различного давления / Патент РФ по заявке № 5101500 от 25.06.92г.

310. Судовое движительно-рулевое устройство / Патент РФ по заявке № 5101439 от 28.05.92г. (в соавторстве).

311. Корабельные технологические модули повышенной безопасности / Безопасность эксплуатации судовых энергетических установок. - Севастополь:УкрНИТОС,1993 (в соавторстве).

312. Судовой технологический модуль деформационноустойчивой структуры / Патент РФ по заявке № 5101425 от 15.06.92г.

313. Морская гидродинамическая система / Патент РФ по заявке № 5101555 от 09.07.92г.

314. Комбинированное защитное устройство перекрытия проема / Патент РФ по заявке № 5101586 от 17.07.92г.

315. Высокобезопасная энергетическая система / Патент РФ по заявке № 5101000 от 23.03.92г.

316. Быстродействующее защитное устройство перекрытия проема / Патент РФ по заявке № 5101679 от 28.07.92г.

317. Морская многоцелевая гидродинамическая система / Патент РФ по заявке № 5101802 от 04.09.92г.

318. Аэродинамическое судовое устройство повышенной надежности и экономичности / Патент РФ по заявке № 5101508 от 29.06.92г.

319. Судовой оптимизированный технологический модуль / Патент РФ по заявке № 5101441 от 04.06.92г.

320. Корабельное движительно-рулевое устройство / Патент РФ по заявке № 5101247 от 27.04.92г.

321. Модульная система высокой стойкости к воздействию колебаний / Патент РФ по заявке № 5101599 от 04.06.92г.

322. Судовая энергетическая установка с улучшенными показателями живучести / Патент РФ по заявке № 5101499 от 13.04.92г.

323. Реконфигурируемое повышение живучести, надежности и безопасности судовых технических средств. - Севастополь:УкрНИТОС,1996 (в печати).

\_\_\_\_\_ *Мороз*

## SINOPSIS

of the thesis "Reconfigured improvement of survivability, reliability and safety of ship engineering aids" by A.G.Torovetz.

### *Rights of script*

Key words : survivability , reliability , safety , reconfiguration , figuration , complex , geometrical modelling, propulsion,propulsion plant , transformation ,ship's equipment, algorithm, programme, spline, parametrization, shipengineering aids.

The purpose of the research is to provide thorough survivability , reliability and safety of sample and complex engineering systems.The example of ships engineering aids is used.

The research classifies : ship engineering aids by their ability to withstand envi ronmental and internal exposure ; reconfiguration specifics by their shape characteristics; deviations of the ship's hull and endine components by the intication of their malformtion; factors of feasibility of reconfigured systems by applicable and practicable parameters.

A complete theory has been created to improve survivability, reliability and safety of engineering systems. This theory is built around an original framework reconfiguration, whose general principles are:the principle of correspondency; the principle of determinancy; the principle of invariance. The theory's postylates reflect : the property of additivity; the property of feedback; the property of significance.

The represented mathematical models are adequate indentifiers of the leven of survivability ,reliability and safety of engineering system under investigation.

The most generalized methodology of designing and predicting of survivability, reliability and safety of engineering system has been implemented. Using the obtained theoretical statements. The methodology includes the method of interactive operation for developing frameworks optimised configurations and is built according to the modulus (block) principle. It contains programmes corresponding to certain modules (blocks). These programmes are remarkable in their preparation cycles computational simpli city.

The approval of the above-mentioned theory and generalized methodology has been carried out using a vast volume of applied research. The example of ship engineering aids in reference to the propulsion complexes has been used. A series of specific methods of reconfiguration has also been elaborated. A high speed system which controls the process of reconfiguration of simple and complex engineering systems has been created.

438846

дисертації Торовець А.Г. "Розробка комплексної системи забезпечення безпеки судових технічних засобів"

На првах рукопису

Ключові слова: живучість, надійність, безпека, реконфігурація, формутворення, комплекс, геометричне моделювання, рушій, пропульсія, відображення, судове обладнання, алгоритм, програма, сплайн, параметризація, судові технічні засоби.

Метою роботи є комплексне забезпечення живучості, надійності та безпеки простих та складних технічних систем (на прикладі судових технічних засобів).

В результаті проведених дисертаційних досліджень розроблена класифікація технічних засобів за фактором впливу середовища, класифікація реконфігураційних характеристик за формпараметрами, класифікація порушень технічних форм за ознаками деформованості, класифікація факторів значущості реконфігурувальних систем за параметрами застосування.

Створена комплексна теорія підвищення надійності, живучості та безпеки технічних систем на принципово новій основі - реконфігурації, загальними принципами якої є принцип відповідності, принцип детермінованості та принцип інваріантності, а постулати теорії відображають властивість аддитивності, властивість зворотнього зв'язку і властивість значущості. Запропоновані комплексні математичні моделі є адекватним ідентифікатором рівня живучості, надійності та безпеки технічних систем, що досліджуються.

Розроблена найбільш узагальнена методологія проектування та прогнозування живучості, надійності та безпеки технічних систем на основі отриманих теоретичних передумов, яка включає метод інтерактивного режиму розробки каркасів оптимізувальних формоутворень, що побудовано за модульним принципом та містить відповідні тим чи іншим модулям програми, які відрізняються малою обчислювальною складністю циклу підготовки.

Виконена апробація теорії та вказаної узагальненої методології представницьким обсягом прикладних досліджень на прикладі судових технічних засобів відповідно до головних (пропульсивних) комплексів з розробкою цілої низки конкретних методів реконфігурації та створенням швидкодіючої системи управління процесом реконфігурування простих та складних технічних систем.