

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ МОРСКИХ ПРИВЯЗНЫХ СИСТЕМ

К. С. Трунин, канд. техн. наук, доц.

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. Разработан метод совершенствования проектирования гибких связей для морских привязных систем, который позволяет обосновать создание более совершенных гибких связей и базируется на алгоритме проектирования гибких связей привязных систем.

Ключевые слова: гибкая связь, совершенствование проектирования гибких связей, кабель-трос, морские привязные системы, алгоритм проектирования.

Анотація. Розроблено метод удосконалення проектування гнучких зв'язків для морських прив'язних систем, що дозволяє обґрунтувати створення більш досконалих гнучких зв'язків і базується на алгоритмі проектування гнучких зв'язків морських прив'язних систем.

Ключові слова: гнучкий зв'язок, удосконалення проектування гнучких зв'язків, кабель-трос, морські прив'язні системи, алгоритм проектування.

Abstract. The improvement method of flexible links design for marine tethered systems has been developed. This method is based on the design algorithm of flexible links of tethered systems and allows creating upgraded flexible links.

Keywords: flexible link, improvement of flexible links design, strength-power-communication cable (SPC), marine tethered systems, design algorithm.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Изучение и освоение Мирового океана потребовало разработки новых конструкций и совершенствования методик их проектирования. Развитие океанотехники в конце XX века базировалось на опыте существующих технологий и промышленности, достигнутом уровне кораблестроительных наук: теории корабля, гидромеханики, конструкции корпуса судна, технологии постройки, прочности, судовой энергетики, автоматики, экономики и менеджмента.

Характерной особенностью современных морских привязных систем (МПС), к которым можно отнести подводные привязные системы (ППС) и подводные буксируемые системы (ПБС) [23], является наличие гибких связей (ГС) – цепей, канатов, тросов, кабель-тросов, кабель-шланговых систем и т. п. как неотъемлемой части и одного из основных элементов.

Гибкие связи используются в широком диапазоне различных режимов эксплуатации (различные глубины, течения, многозвенность технических систем, их взаимное влияние и др.). Однако на сегодняшний день нет единой теории проектирования ГС, которая бы учитывала все существенные факторы эксплуатации ГС и достоверно позволяла их проектировать.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Кабель-тросы (КТ) для глубоководных ППС служат для электрической и механической связи подводного аппарата с обеспечивающим судном. Они совмещают функции буксирного троса (передача меха-

нических усилий) и электрического кабеля (передача энергии и информации). К кабель-тросам предъявляют ряд требований, которые можно разделить на три группы [7, 8]:

- требования к физико-механическим свойствам;
- электротехнические требования;
- эксплуатационные требования.

В работе [13] рассмотрен порядок выполнения работ при проектировании ПБС. Отмечается, что пространственная структура любой гидродинамической схемы ПБС определяется расположением гибких механических или электромеханических связей (буксирно-кабельная часть), обеспечивающих механическую, энергетическую и информационно-управляющую связи элементов подводной системы – взаимную и с буксировщиком. Конструктивные параметры буксиров обусловлены гидродинамической схемой ПБС, принятой в соответствии с техническим заданием на ее проектирование. В первую очередь, они зависят от углубления Y , скорости буксировки v_0 и кривой тяговых усилий буксировщика $T = T(v)$. При определении этих параметров важное значение имеют также характеристики тяговых лебедок и спускоподъемных средств судна-носителя (буксировщика).

По результатам предварительного гидродинамического расчета элементов ПБС производится поверочный гидродинамический расчет основных элементов. В этих расчетах необходимо учитывать влияние свивки троса и отрицательной плавучести буксирно-кабельной части (БКЧ). Поверочный расчет БКЧ следует выполнять по формулам В.И. Егорова [12],

а обтекаемой БКЧ – по интегральным формулам А.С. Горшкова [9] или по таблицам В.И. Егорова [12]. Проектирование ПБС завершается поверочным расчетом пространственной схемы создаваемой системы с учетом результатов конструктивных разработок и экспериментальных исследований, выполненных в процессе проектирования. Таким образом, проектирование ПБС – процесс последовательных приближений, в котором сочетаются расчетные, конструкторские и экспериментальные методы [13].

Как отмечают авторы [13], проектирование ПБС нестрого регламентировано, однако расчетные, конструкторские и экспериментальные работы осуществляются в определенном порядке.

В работе [8] рассмотрены проектные задачи механики ППС с самоходными подводными привязными аппаратами. Для буксировки платформы применяется кабель-трос отрицательной плавучести (КТОП) с большим разрывным усилием (не менее 150 кН) и длиной до 10...12 км, для связи самоходного привязного аппарата (СПА) с платформой применяется кабель-трос нейтральной плавучести (КТНП) с разрывным усилием 0,5...100,0 кН (в зависимости от массы СПА) и длиной 100...300 м.

Как отмечают В.С. Блинцов и В.Э. Магула [8], гибкость КТ, взаимная зависимость формы и натяжений от внешней нагрузки требуют применения при расчетах особого подхода. В расчетах КТ, канатов и шлангов их телесность, поперечные размеры сечения указываются только при определении гидростатических и гидродинамических внешних нагрузок. При определении пространственной формы и внутренних усилий этих линий их моделируют абсолютно гибкой нитью, обладающей собственной массой, весом и гидродинамическим сопротивлением.

В настоящее время при создании самоходных подводных привязных систем существуют три направления в проектировании КТ [6, 8], обеспечивающие их хорошие массогабаритные и эксплуатационные характеристики:

- применение для грузонесущих элементов легких материалов с максимальным отношением прочности к массе;

- передача информации посредством телеметрических систем по коаксиальному грузонесущему кабелю с временным и частотным уплотнением информационных сигналов;

- использование кабелей с оптическими информационными каналами.

К особенностям проектирования двухзвенных КТ относятся [5]:

- обоснование длины и удельной плотности КТОП, обеспечивающих минимальные потери электроэнергии и погружение ходового конца КТОП на заданную глубину при известных эпюрах течений;

- обоснование длины и удельной плотности КТНП, обеспечивающих перемещение необитаемого подводного аппарата вокруг коренного конца КТОП с заданным радиусом.

Вопросы проектирования элементов ПБС изложены в [7, 8, 10, 12, 13, 17].

Общие вопросы проектирования рассмотрены в [11], в судостроении – в [15, 16, 19, 20, 24]. Принципы построения технических средств освоения океана – в [1, 5, 7, 8, 10, 18, 21, 24].

Как отмечает В.П. Шостак [24], наиболее общей и базовой основой проектирования плавучих средств является методология как наука о методах, т. е. способах решения главной задачи – определения основных элементов и характеристик проектируемого объекта. Вопросы методологии приобрели в становлении проектирования первичный характер и заняли важное место в трудах И.Г. Бубнова, А.Н. Вashedченко, В.Л. Позднюнина, А.И. Балкашина, Л.М. Ногида, В.В. Ашика и др.

До сих пор практически не исследована динамика ГС – модели динамики применительно к конкретным схемам (новым задачам механики ГС) и конкретным возмущениям. Существующие расчеты ГС (математические модели), в том числе и проектные, используются в основном для идеальных круглых сечений. Значительное число отказов и аварий по причине повреждений и обрывов ГС свидетельствует о недостатках существующих методик проектирования ГС и МПС.

В связи с этим возникает актуальность разработки основных вопросов совершенствования теории и методов проектирования ГС названных выше МПС.

ЦЕЛЮЮ СТАТЬИ является разработка новых методов проектирования ГС, основывающихся на совершенствовании существующих проектных расчетов гибких связей с учетом динамики ГС.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Возникновение новых задач в освоении Мирового океана, морей и внутренних водоемов, совершенствование и развитие МПС требуют пересмотра существующих методов расчета и проектирования ГС МПС. В связи с этим возникает необходимость теоретического обоснования методов проектирования ГС МПС, совершенствования проектных расчетов конструктивных элементов систем с ГС на основе математических моделей динамических режимов эксплуатации и разработки рекомендаций по прогнозированию возможных нагрузок для проектирования их элементов и комплексов в целом, доведение их до уровня инженерного приложения.

Создание нового технического объекта – сложный и длительный процесс, в котором стадия проектирования имеет решающее значение в осуществлении замысла и достижении высокого технического

уровня [22]. Под техническим объектом в дальнейшем будем понимать техническую систему – технический комплекс (МПС, ППС, ПБС), а также любой его компонент, выделяемый в процессе проектирования путем декомпозиции структуры целостного объекта на отдельные части или элементы (например, ГС).

В процессе проектирования любого объекта вырабатываются пробные решения, представляющие собой предварительный проект. Как отмечают Б. Клейтон и Р. Бишоп [15], они должны быть проверены аналитически на соответствие проекта предъявляемым к нему требованиям. По данным анализа предварительный проект изменяют. Измененный проект вновь анализируется, и весь процесс повторяется до получения проекта с удовлетворительными характеристиками, годного для более подробной проработки деталей.

В проектно-конструкторских разработках встречаются три типичные ситуации [3], которым соответствуют три уровня оптимизации технической системы (ТС). Первый уровень оптимизации состоит в выборе наилучшей руководящей технической идеи или принципа действия проектируемой ТС; второй уровень – в поиске наилучшей структуры или схемы в рамках выбранного принципа действия; третий – в определении наилучших значений параметров для выбранной структуры (схемы).

В рамках проектных исследований необходимо учитывать изменение собственных характеристик ГС во время эксплуатации (изменение их характеристик во времени в течение длительной эксплуатации):

- при гидростатическом обжатии ГС изменяет свою форму от идеальной окружности. Так, на больших глубинах (свыше 4000 м) и при температуре воды у дна до +2 °С особенностями применения ГС являются: существенные конструктивные размеры (длина и изменяющийся по длине диаметр, масса), сложная конструкция ГС (содержит различные элементы – электрокабели, изоляцию, которые изготовлены из различных материалов), сложное гидродинамическое обтекание, связанное с неравномерной, изменяемой по длине изгибной жесткостью, что требует в математических моделях ее учета и моделирования, т. к. ГС является нелинейной по длине, имеет различные диаметры (сечения отличаются от идеальной окружности, вес различных участков ГС при этом также является различным);

- происходит существенное растяжение ГС по длине, в том числе и внутренних жил кабелей, вследствие чего меняется сопротивление ГС, накапливаются остаточные деформации в ГС;

- происходит неравномерное старение и износ оболочек и оплетки кабелей ГС (получают неравномерную толщину в процессе длительной эксплуатации, различные повреждения оболочек и жил кабеля в результате многочисленных намоток на несущий

барабан, зацепов за подводные препятствия, трения, воздействия морских животных и млекопитающих), изготовленных из различных материалов;

- изменяется характер внешних воздействий на ГС;
- необходимо учитывать поперечную вибрацию ГС в потоке воды в квазистатической и локальной динамике, поскольку при классических методах расчетов она не учитывается.

Для КТ, применяемых в ППС, особое значение приобретает расчет для средних (2000...4000 м) и больших глубин (6000...8000 м). В связи с увеличением рабочих глубин использования ГС МПС возникает актуальность уточнения существующих методик и совершенствования теории и методов их проектирования. Это обусловлено тем, что существующие методы расчета и проектирования или являются упрощенными и не учитывают действительные нагрузки и характер нагружения ГС, или являются довольно сложными и громоздкими для конструкторов-проектантов, в связи с чем требуют значительных затрат времени для их выполнения.

Как известно, современная методология проектирования базируется на системном подходе [24]. Технический объект при системном подходе рассматривается как сложная система, состоящая из взаимосвязанных, целенаправленно функционирующих элементов и находящаяся во взаимодействии с окружающей внешней средой. Это позволяет учесть все факторы, влияющие на его функционирование, и обеспечить создание технического объекта с высокими показателями эффективности и качества.

Процесс создания разделяется на стадии: предпроектные исследования, техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочий проект, изготовление опытных образцов, испытания и доводка, приемочные испытания [22].

Первые две стадии и частично третья составляют этап внешнего проектирования, на котором осуществляется научно-технический поиск и прогнозирование, формирование описания среды функционирования технического объекта, моделирование и исследования, направленные на разработку концепции и технического решения. Этап внешнего проектирования, называемый также этапом научно-исследовательских работ, завершается разработкой технического задания.

При проектировании и эксплуатации ППС с СПА стационарные задачи, в которых объекты занимают неизменное положение в пространстве при неизменных характеристиках потока и воспринимают постоянные во времени внешние нагрузки, являются квазистатическими [8]. Состояние системы описывается уравнениями статики, хотя действующие на нее силы по своей природе гидродинамические. Здесь же отмечается, что динамическая задача для рассматриваемой

системы связана с гидродинамической. Опыт проектирования и эксплуатации систем с СПА для задач шельфа показывает, что в уравнениях движения элементов таких систем допустимо использование упрощенных выражений для внешних сил, присоединенных масс жидкости, гидродинамических сил потока жидкости. Динамика процессов учитывается инерционными членами уравнений движения, динамическими составляющими скорости элементов систем в жидкости.

В настоящее время параметры и характеристики используемых в ППС и ПБС конструкций ГС значительно расширились [7, 10, 13, 14, 17]. Процесс проектирования ГС МПС требует учета больших объемов информации по параметрам ГС и МПС и, соответственно, увеличения времени и затрат физического труда на их проектирование, поэтому становится громоздким. Такая задача имеет огромную информационную емкость и сложность.

Как отмечают В.В. Александров и Н.Д. Горский [4], практика показывает: пользователи предпочитают простейшие методы обработки имеющейся информации и часто не могут решить поставленную задачу не из-за отсутствия подходящего алгоритма, а из-за незнания того, что именно этот алгоритм предназначен для решения их задачи. Некомпетентность в области обработки данных проявляется при этапе интерпретации полученных результатов. Успешно такую интерпретацию может проводить лишь человек (или коллектив), хорошо знающий как природу исходных данных, так и методы их обработки [2]. В настоящее время эти условия, как правило, отсутствуют, что часто приводит к неверным выводам из верных результатов и, как следствие, к неправильной постановке дальнейших исследований.

Как считает В.П. Шостак [24], в совокупности с основными (классическими) методами методологические подходы к решению указанных вопросов составляют концепцию, которой должен быть вооружен проектант. Именно в таком понимании практическое проектирование технических средств освоения океана должно сопровождаться аргументированной и всесторонне разработанной специалистами концепцией.

Так, концепция проектирования научно-исследовательских и буровых судов [24] включает в себя, кроме общего концептуального плана и применяемых методов и методик, основные положения, раскрывающие специфику объекта, связи между общими и частными вопросами поиска проектных решений, их содержание и направленность. Таким образом, она содержит принципиальные взгляды на выбор архитектурно-конструктивного типа и общую компоновку судна, анализ условий эксплуатации и применяемых морских технологий, расстановку приоритетов в техническом задании, разработку принципов формирования исходных требований к комплектуемому

оборудованию, формирование математической модели его мореходных и эксплуатационных качеств, методические указания по информационной подготовке к новому проектированию, содержание конструктивных и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасную и эффективную эксплуатацию, включая эксплуатационную документацию.

Такая концепция характеризуется тем, что постановка ряда дополняющих ее задач связана с принятием окончательных проектных решений, формулировкой требований к оборудованию, определением возможностей судна в аварийных ситуациях, что способствует получению оптимального результата. Она лежит в области исследовательского проектирования и в то же время сочетается с традиционным подходом к построению математической модели.

Все сказанное выше требует формулирования научной проблемы, научной гипотезы и концепции совершенствования проектирования ГС.

Научная проблема совершенствования проектирования ГС: расширение перечня и объемов работ по изучению и освоению Мирового океана и других водных ресурсов нуждается в новых технических средствах освоения океана, что требует разработки новых методов расчетов и проектирования ГС МПС.

Научная гипотеза совершенствования проектирования ГС: для решения проблемы обеспечения длительной работоспособности ГС МПС необходимо совершенствовать их методы проектирования с учетом эксплуатационных факторов (характеристик волнения, конструктивных особенностей гибких связей, новых подходов к определению запасов прочности и т. п.).

Концепция совершенствования проектирования ГС: создание комплексной математической модели совершенствования проектирования ГС МПС в виде алгоритма, позволяющего учитывать внутренние и внешние факторы, оказывающие влияние на эксплуатацию ГС, и создавать более совершенные конструкции ГС.

Краткий перечень наиболее важных задач концепции:

- учет конкретных условий эксплуатации ГС и уточнение проблемы внешних сил на базе опыта, эксперимента, научных исследований;
- анализ параметров морского волнения и различных аспектов эксплуатации;
- исследование технологических процессов использования ГС в морских условиях;
- оценка аварийных ситуаций и принятие мер по выходу из них;
- обоснованный выбор критериев прочности и их оценка;
- оценка надежности ГС;
- совершенствование методики проектирования с учетом назначения объекта (ГС), результатов предыдущих научных исследований, имеющихся

достижений в области науки и техники и опыта проектирования.

Реализация данной концепции позволит внести определенный вклад в разработку новых проектов МПС, имеющих в своем составе ГС, т. к. обеспечит более высокое качество оптимальных решений уже

на начальной стадии проектирования и создаст основу для успешного выполнения следующих этапов – технического и рабочего проектов.

С целью совершенствования методов проектирования ГС предлагается алгоритм проектирования ГС МПС (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема алгоритма проектирования ГС МПС

Алгоритм состоит из таких этапов:

1. Выяснение назначения ГС в системе: место и район эксплуатации, время и длительность (период) эксплуатации.

2. Формулирование требований к ГС: тип ГС; материалы, из которых изготовлена ГС; необходимая длина ГС; диаметр ГС; плавучесть ГС; сопротивление ГС; изменяемая жесткость ГС по длине; прочность ГС на разрыв; максимальная нагрузка на ГС и др. Здесь основой может послужить разработанная автором ранее классификация КТ, применяемых для подводных исследований.

3. Формулирование ограничений, налагаемых на ГС особенностями эксплуатации в морской среде: состояние моря (волнение в баллах), сила ветра, температура воздуха, температура воды, соленость воды, гидростатическое давление, максимальная глубина использования ГС.

4. Выбор пространственной схемы ГС в МПС.

5. Содержательное описание процесса функционирования (жизненного цикла) ГС в МПС: подача (транспортировка, доставка) МПС к месту функционирования (эксплуатации); установка и подготовка МПС к функционированию на месте эксплуатации; начало эксплуатации (введение в действие, отладка системы); эксплуатация МПС (использование по назначению, выход на проектные мощности); окончание эксплуатации МПС и подготовка к выводу из эксплуатации; выведение МПС из эксплуатации; транспортировка к месту хранения (утилизации).

6. Построение формализованной схемы ГС. Создаются схемы ГС применительно к различным режимам эксплуатации.

7. Задание (определение) параметров ГС. Выбор их может быть осуществлен на основе п. 2.

8. Создание математической модели ГС. Описывает ГС в МПС.

9. Формирование множества вариантов структур МПС. Рассматривается максимально возможное количество структур МПС.

10. Анализ функционального качества вариантов структур МПС. Рассматривается каждый из вариантов структур МПС.

11. Статика ГС: рассматриваются статика ГС в невозмущенной стратифицированной жидкости; обжатие ГС при погружении; температурное расширение (сжатие) ГС; внешние воздействия на ГС гидрологического происхождения; растяжимость ГС; напряжения изгиба в ГС. Если учтены все критерии, пере-

ходим к п. 12. В противном случае осуществляется возврат в п. 7.

12. Математическая модель статика ГС.

13. Динамика ГС: гидродинамическое сопротивление ГС; квазистационарные режимы эксплуатации ГС; динамика ГС. Если учтены все критерии, переходим к п. 14. В противном случае осуществляется возврат в п. 12.

14. Гидродинамический расчет схемы ГС (предварительный) на основе технического задания (ТЗ).

15. Конструктивная разработка элементов ГС. На основе имеющихся конструкций ГС, производимых у нас и за рубежом, осуществляется подбор наиболее подходящих по параметрам ГС. Если таковых не существует, выполняется разработка новых ГС.

16. Проверочный расчет ГС (основных элементов). Производится предварительный расчет основных элементов ГС на соответствие выдвинутым требованиям.

17. Проверочный расчет пространственной схемы ГС. Производится предварительный расчет выбранной в п. 4 пространственной схемы МПС.

18. Создание математической модели ГС. Здесь разрабатывается общая математическая модель ГС МПС, которая служит основой для создания компьютерной модели ГС.

19. Создание компьютерной модели ГС. На основе математической модели ГС разрабатывается компьютерная модель ГС, позволяющая учитывать множество параметров ГС и их изменения в процессе проектирования ГС.

20. Разработка инженерных методов расчета ГС (компьютерная модель). Компьютерная модель расчета ГС позволяет проектировщику автоматизировать процесс проектирования.

21. Расчет прочности элементов ГС.

22. Расчет надежности ГС.

На этом расчет ГС заканчивается.

ВЫВОДЫ

Впервые сформулированы научная гипотеза и концепция совершенствования проектирования ГС МПС, основывающиеся на совершенствовании существующих методов проектирования ГС МПС путем разработки компьютерных моделей динамики ГС с учетом их эксплуатационных характеристик и позволяющие более правильно и рационально проектировать новые ГС для МПС с необходимыми свойствами и параметрами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Автоматизированные системы с буксируемыми приборами в океанологических исследованиях [Текст] / В. А. Гайский, Ю. Г. Артемов, В. А. Блинков [и др.]. – К. : Наук. думка, 1987. – 176 с.
- [2] Алгоритмы обработки экспериментальных данных [Текст] / отв. ред. д-р техн. наук И. А. Овсевич. – М. : Наука, 1986. – 172 с.

- [3] Алгоритмы оптимизации проектных решений [Текст] / под ред. А. И. Половинкина. – М. : Энергия, 1976. – 264 с.
- [4] **Александров, В. В.** Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных [Текст] / В. В. Александров, Н. Д. Горский. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. – 308 с.
- [5] **Блинцов, В. С.** Оптимизация параметров кабель-тросов подводных аппаратов [Текст] / В. С. Блинцов // Электрооборудование судов : сб. науч. тр. – Николаев : НКИ, 1992. – С. 74–78.
- [6] **Блинцов, В. С.** Особенности проектирования одного класса подводных электрических кабелей [Текст] / В. С. Блинцов // Электрооборудование судов : сб. науч. тр. – Николаев : НКИ, 1992. – С. 69–74.
- [7] **Блинцов, В. С.** Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. – К. : Наукова думка, 1998. – 231 с.
- [8] **Блинцов, В. С.** Проектирование самоходных привязных подводных систем [Текст] / В. С. Блинцов, В. Э. Магула. – К. : Наукова думка, 1997. – 139 с.
- [9] **Горшков, А. С.** Обобщение формул А.Н. Крылова для расчета натяжения и формы гибкой нити в потоке [Текст] / А. С. Горшков // Океанология. – М. : Наука, 1969. – Т. IX. – Вып. 6. – С. 953–958.
- [10] Динамика подводных буксируемых систем [Текст] / В. И. Поддубный, Ю. Е. Шамарин, Д. А. Черненко, Л. С. Астахов. – СПб. : Судостроение, 1995. – 200 с.
- [11] **Дитрих, Я.** Проектирование и конструирование: Системный подход [Текст] : [пер. с польского] / Я. Дитрих. – М. : Мир, 1981. – 456 с.
- [12] **Егоров, В. И.** Подводные буксируемые системы [Текст] : учеб. пособие / В. И. Егоров. – Л. : Судостроение, 1981. – 304 с.
- [13] **Иконников, И. Б.** Подводные буксируемые системы и буи нейтральной плавучести [Текст] / И. Б. Иконников, В. М. Гаврилов, Г. В. Пузырев. – СПб. : Судостроение, 1992. – 224 с.
- [14] **Казменко, В. Д.** Тросы для морской буксировки [Текст] / В. Д. Казменко. – М. : Морской транспорт, 1958. – 92 с.
- [15] **Клейтон, Б.** Механика морских судов [Текст] / Б. Клейтон, Р. Бишоп ; перевод с англ. В. Д. Казменко. – Л. : Судостроение, 1986. – 436 с.
- [16] **Македон, Ю. А.** Проектирование в судостроении [Текст] / Ю. А. Македон. – Л. : Судостроение, 1980. – 280 с.
- [17] Привязные подводные системы. Прикладные задачи статики и динамики [Текст] / Н. И. Виноградов, М. Л. Гутман, И. Г. Лев, М. З. Нисневич. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2000. – 324 с.
- [18] Принципы построения технических средств освоения океана [Текст] / под ред. д-ра техн. наук В. С. Ястребова. – М. : Наука, 1982. – 325 с.
- [19] Системы и элементы глубоководной техники подводных исследований [Текст] : справочник / В. С. Ястребов, Г. П. Соболев, А. В. Смирнов [и др.]. – Л. : Судостроение, 1981. – 304 с.
- [20] Судовые устройства [Текст] : справочник / под ред. М. Н. Александрова. – Л. : Судостроение, 1987. – 656 с.
- [21] Судовые устройства. Справочник для конструкторов и проектировщиков [Текст] / А. Н. Гурович, А. А. Родионов, В. И. Асиновский, Д. А. Гринберг. – Л. : Судостроение, 1967. – 412 с.
- [22] **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем [Текст] : учеб. для вузов / В. П. Тарасик. – Мн. : Дизайн про, 2004. – 640 с.
- [23] **Трунин, К. С.** Классификация морских привязных систем [Текст] / К. С. Трунин // Зб. наук. пр. Севастоп. військово-морського ордену Червоної Зірки ін-ту ім. П.С. Нахімова. – Севастополь : СВМІ ім. П.С. Нахімова, 2009. – Вип. 1 (16). – С. 77–89.
- [24] **Шостак, В. П.** Эффективность техники освоения океана. Направления проектных исследований вузов [Текст] / В. П. Шостак. – К. : Наукова думка, 2002. – 319 с.

© К. С. Трунін

Надійшла до редколегії 06.02.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК

д-р техн. наук, проф. В. С. Бліццов

Статтю розміщено у Віснику НУК № 1, 2013