

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет»

На правах рукописи

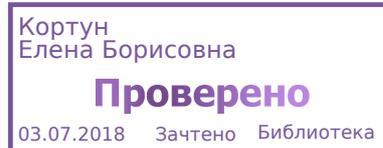
Кривоносов Даниил Максимович

**Проектирование и исследование специальных систем для
использования энергии морских волн для движения судов**

Направление подготовки
26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской
инфраструктуры»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2018



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» Чижиумов Сергей Демидович

Рецензент кандидат технических наук, доцент Журбин Олег Владимирович, начальник отделения диагностики искусственных сооружений Дальневосточного филиала ФАУ «РОСДОРНИИ»

Защита состоится «27» июня 2018 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27, ауд. 222/3.

Автореферат разослан 20 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Е.И. Селиванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В мире в целом существует тенденция к переходу на экологически чистые энергетические ресурсы, растут затраты на обеспечение ужесточающихся нормативных требований к экологичности судов. С другой стороны, морские волны обладают неиспользуемым энергетическим потенциалом. Более того, морское волнение снижает основные качества судов (ходкость, динамическую остойчивость, прочность, обитаемость и др.). При этом меры по уменьшению отрицательного влияния волн сводятся к усложнению судна и снижению показателей его эффективности. Если найти способ полезного и эффективного использования энергии волн, то её во многих случаях будет достаточно для обеспечения главной задачи – движения судна. Поиски эффективных волновых движителей ведутся многими исследователями, но пока они не дают обнадеживающих результатов.

Основной недостаток нетрадиционных возобновляемых источников энергии - низкие плотности энергии. Так, для ветровых, солнечных, геотермальных установок характерны плотности энергии менее 1 кВт/м^2 . Волновая энергия обладает более высокой плотностью энергии. Морские волны накапливают в себе энергию ветра на значительном пространстве разгона и почти всегда присутствуют в открытом море, даже в отсутствие ветра в виде мертвой зыби. Волнение в открытом море средних широт практически постоянно и имеет мощность 30 – 50 кВт на 1 м фронта. Этой энергии волн может быть вполне достаточно для замены традиционных ЭУ, если энергию использовать по всей длине и ширине судна.

Объект исследования: процесс взаимодействия судна с морскими волнами.

Предмет исследования: преобразователь энергии морских волн в энергию поступательного движения судна (волновой движитель).

Цель исследования: поиск эффективных способов преобразования энергии морских волн в энергию поступательного движения судна. Другими словами, цель состоит в создании эффективных волновых движителей.

Методы исследования: анализ литературных источников, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ); методологии вычислительной гидродинамики

(CFD) и численного волнового бассейна (NWT); методология модельного эксперимента в опытовом бассейне.

Задачи исследования.

1. Анализ информационных источников по вопросам проектирования.
2. Классификация волновых движителей.
3. Постановка и решение изобретательской задачи.
4. Компьютерное моделирование и численные исследования волновых движителей.
5. Создание модели волнового движителя и экспериментальные исследования.
6. Анализ результатов исследований и оценка эффективности рассматриваемого волнового движителя.
7. Сопоставление результатов с данными исследований других типов движителей.

Научная новизна.

1. На основе анализа существующих проектов волновых движителей выявлены их недостатки и предложены новые проекты.
2. Предложение нового типа волнового движителя и на его основе – новой концепции корпуса судна; новые модели и новые результаты численных и экспериментальных исследований гидродинамики волнового движителя и судна с волновым движителем.

Практическая значимость.

1. Подтверждена эффективность созданного волнового движителя, дающая возможность практического внедрения результатов в направлении создания экономичных, экологичных и мореходных на волнении судов

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификация волновых движителей.
2. Технические предложения волнового движителя.
3. Анализ результатов исследований и оценка эффективности рассматриваемого волнового движителя.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях:

1. Чижиумов С.Д., В.М. Козин, В.Н. Храмушин, А.Д. Бурменский, Д.М. Кривоносов. Волновой движитель многокорпусного судна. Заявка на изобретение подана на гос. регистрацию 20.06.2018 (МПК F03B 13/14)

Участие в конференциях

2. Krivonosov D.M., Chizhiumov S.D. The Ideas of Wave Propulsion Based on TRIZ // ТРИЗ технологии 2016: материалы 6-й международной конференции школьников, студентов и аспирантов, 25 ноября 2016 г., Комсомольск-на-Амуре (Российская Федерация), Сыхынъ (Южная Корея) 25 ноября 2016 г. /редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016, с. 17-21.

3. Кривоносов, Д.М. Движители, использующие энергию морских волн / Д.М. Кривоносов, С. Д. Чижиумов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й НТК студентов и аспирантов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017, с. 586-588.

4. Кривоносов, Д.М. Волновой движитель / Д.М. Кривоносов, С. Д. Чижиумов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018 (в печати).

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в двух научных работах.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованных источников. Объём диссертации составляет 95 страницы. Текст работы содержит 80 рисунков и 3 таблицы. Список литературы включает 26 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи, определяются предмет, объект исследования, научная новизна и практическая ценность.

В первой главе выполнен обзорный анализ волновых движителей, обсуждаются их недостатки и преимущества. Рассмотрены архитектурно-конструктивные особенности, классификация и перспективы развития.

На основе обзора различных волновых движителей можно заключить, что схемы волновых движителей делятся на несколько вариантов классификации, в основе которых лежат различные принципы. Можно выделить несколько классов волновых движителей — активные и пассивные. К первому относятся все устройства, имеющие подвижные механизмы которые работают под действием колебаний водных масс, ко второму — устройства, не имеющие подвижных частей и направляющие движение вод с целью концентрации энергии волн. При такой классификации под первый признак попадают различные типы активных устройств — движущихся крыльев, клапанов, и других колеблющихся тел, и т. п. Под второй признак попадают устройства, например поглощающие волновую энергию и не имеющие на своём корпусе подвижных элементов.

Наиболее удачным кажется метод классификации, идущий от природы волновых явлений, но дающий им большую детализацию. В соответствии с этой классификацией конструкции волновых движителей делятся на использующие следующие конструктивные особенности:

- на основе крыльев (жесткие, гибкие, автоматические);
- на основе применения поплавков, клапанов;
- на основе использования промежуточных преобразователей энергии (генератор) движущиеся створки;
- без применения движущихся элементов;
- комбинированные системы.

В настоящее время разрабатываются варианты волновых движителей практически всех групп. Многие из них реализованы и испытаны в лабораторных условиях волновых бассейнов и на судах в условиях моря. Но пока нельзя выделить какое-то одно или даже несколько устройств, которые были бы приемлемы и удовлетворяли всем противоречивым требованиям к ходкости судов.

Исходя из выводов, сформулированных в первой главе, определены

основные требования к перспективным волновым движителям.

Во второй главе сформулированы постановка и решение изобретательской задачи на основе теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

С точки зрения ТРИЗ, наиболее эффективные решения достигаются при использовании бесплатных (даровых) и вредных ресурсов (источников энергии). Идеальный конечный результат состоит в том, что судно *само собой* движется заданным курсом от воздействия волн (в общем случае нерегулярных и имеющих разное направление). Энергия волн расходуется не на качку, а на движение судна вперёд.

Типичный морской сухогруз длиной 100 м имеет мощность двигателя 3-5 тыс. кВт. Средние волны в открытом море средних широт имеет мощность 30 – 50 кВт на 1 м фронта. По длине судна получим: $30 * 100 = 3$ тыс. кВт. Таким образом, для многих типов судов энергии волн будет вполне достаточно для того, чтобы заменить традиционные двигатели, если энергию использовать по всей длине судна или площади его ватерлинии. Проблема состоит в том, что энергию волн нужно принимать и утилизировать всей (почти всей) поверхностью корпуса.

Выполнен системный анализ волнового преобразователя на основе законов развития технической системы с позиций ТРИЗ. В результате получены несколько идей создания волновых движителей. Одна из них представлена на рисунке 1.

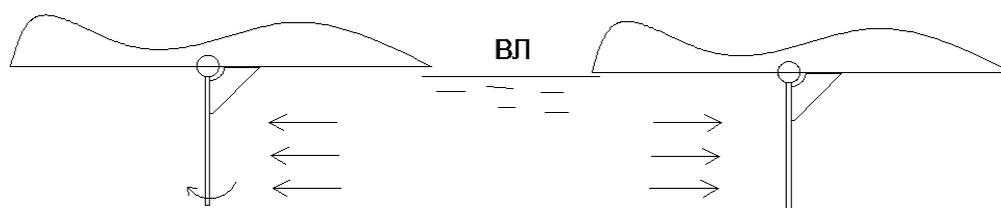


Рисунок 1 – Движители – поворачивающиеся лопасти, расположенные в ряд по длине и ширине корпуса судна

Одно из решений заявлено на патент (рисунок 2). Его сущность заключается в следующем. Волновой движитель имеет несколько элементов специальной формы, работающих совместно таким образом, чтобы учесть переменный характер волновых потоков, их неоднородную структуру, разные направления, длину и высоту волн.

Потоки, идущие снизу вверх при входе моста на гребень волны, попадают в полости и, поворачиваясь вперёд, ударяются в передние стенки полостей, создавая движущие импульсы. Затем, при сходе гребня волны, потоки направляются вниз и в корму, формируя реактивные пропульсивные импульсы. Встречные потоки гребней волн разрезаются передней острой кромкой моста и направляются по наклонной палубе, замедляясь и стекая вниз по щелевым отверстиям в полости, где отклоняются в корму, также образуя реактивную тягу. Встречные потоки на подошве волны относительно мало препятствуют движению судна, так как днище моста выходит из воды. Попутные потоки гребней волн создают активные движущие импульсы давления на корму и передние стенки полостей.

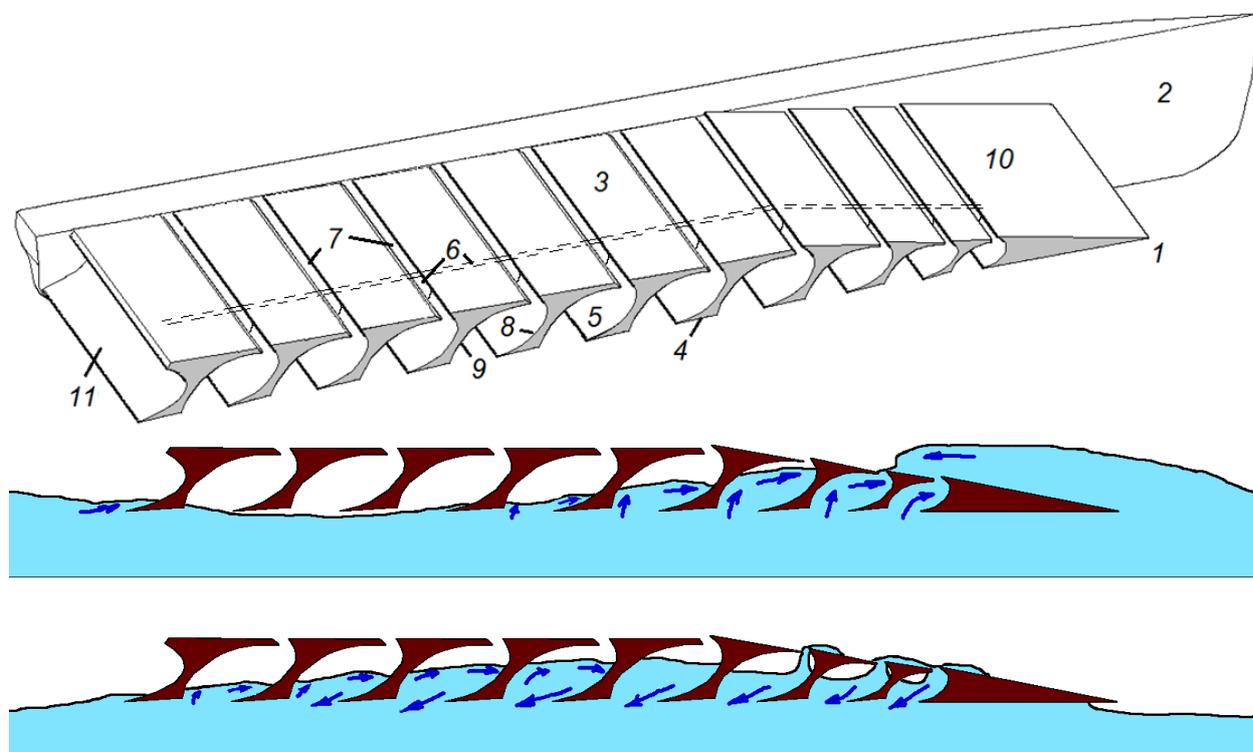


Рисунок 2 - Схема и принцип работы модели

В третьей главе представлено численное моделирование и вычислительные эксперименты с компьютерной моделью (рисунки 3-4). Расчёты показали следующие результаты.

Модель с волновым двигателем эффективно движется на попутном волнении. На коротких волнах движение более эффективное. На стоячих волнах модель также движется вперёд, но несколько медленнее.

Добиться удовлетворительных результатов на встречном волнении не удалось по двум основным причинам: 1) рассмотрено небольшое число вариантов расчётов; 2) движению вперёд мешает килевая качка, при которой носовая часть движителя зарывается в волну. Движение вперёд на встречных волнах происходит только при исключении килевой и вертикальной качки и при наличии отражённых волн от задней стенки волнового бассейна.

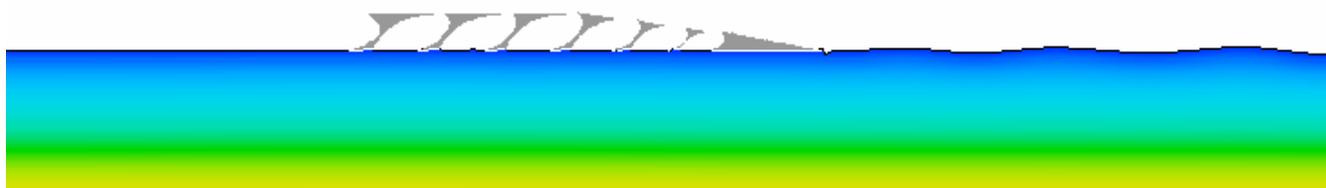


Рисунок – 3 Поглощение волн плоской моделью волнового движителя

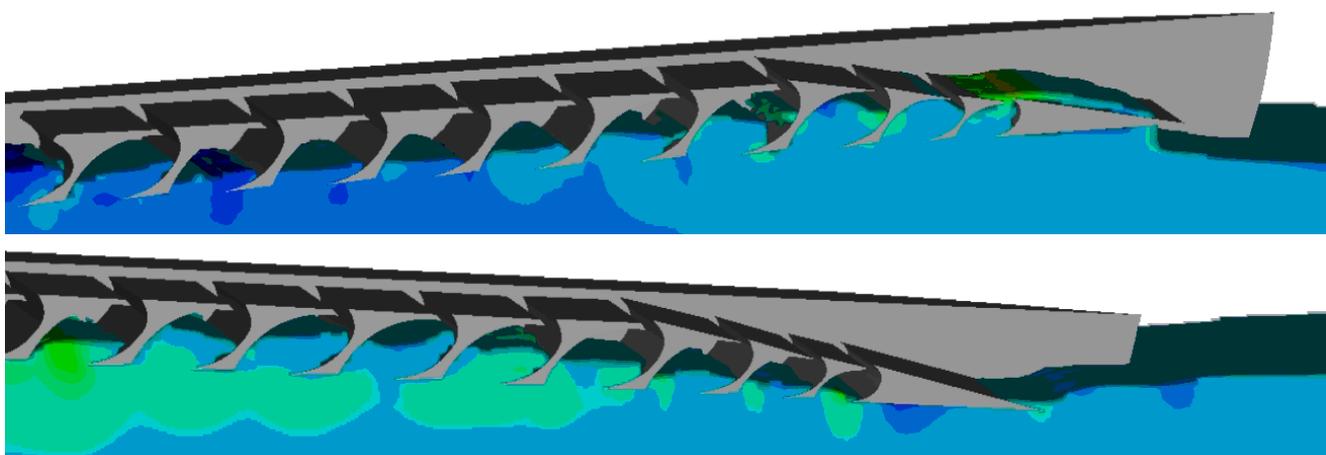


Рисунок 4 – Моделирование движения трёхмерной модели судна с волновым движителем

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований. Рассмотрены критерии подобия при моделировании. Описаны модели (рисунок 5) и постановка эксперимента. Модель движителя изготовлена на станке с ЧПУ (рисунок 6).

В процессе проведения экспериментов варьировались параметры волн (длина волн от 1,0 м до 2,0 м) и осадка модели. При осадке с грузом днище волнового движителя находилось на уровне ватерлинии. Без груза волновой движитель возвышался над ватерлинией примерно на половину высоты волн. Эксперименты в опытовом бассейне (рисунок 7) показали следующие результаты:

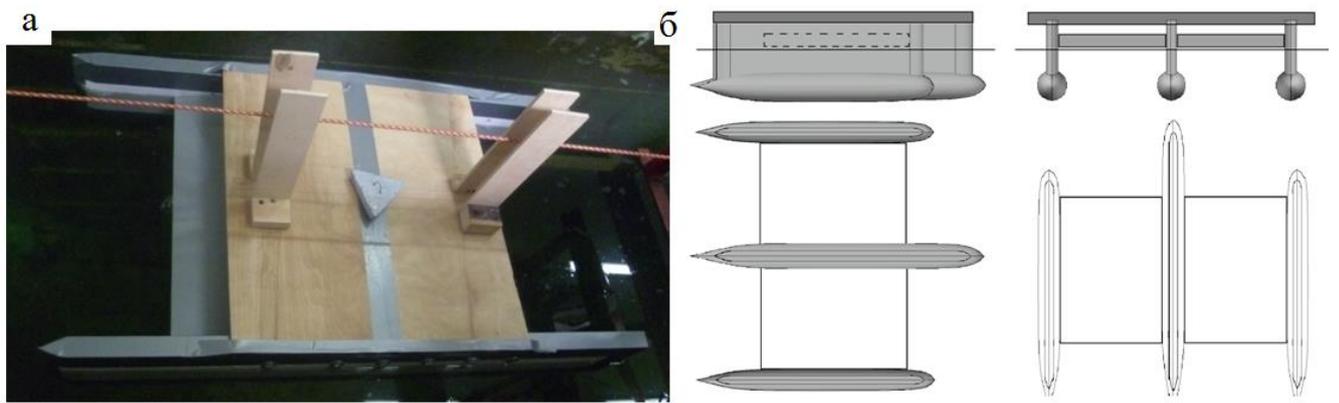


Рисунок 5 – Модели судов с волновым движителем:

а – изготовленная модель; б – новая модель на стадии изготовления



Рисунок 6- Изготовление модели движителя

При встречном волнении модель относит назад. Скорость дрейфа зависит от осадки модели и от размеров волн. При малой осадке, когда волны не достают до движителя, дрейф происходит с малой скоростью. При большей осадке, когда волны активно контактируют с движителем, скорость дрейфа незначительно снижается. При увеличении длины волн скорость дрейфа также не увеличивается. Это означает, что волновой движитель сопротивляется дрейфу. Тем не менее, движение назад сохраняется и сопровождается значительной килевой качкой, которая, по-видимому, существенно мешает работе движителя.

При попутном волнении средняя скорость дрейфа возрастает почти в 3 раза и приближается к скорости $Fr = 0.1$ (по отношению к длине судна). При этом скорость имеет переменный характер и в отдельные моменты «захвата» модели попутной волной она приближается к фазовой скорости волны. Но так же, как и на встречном волнении, движению мешает килевая качка.

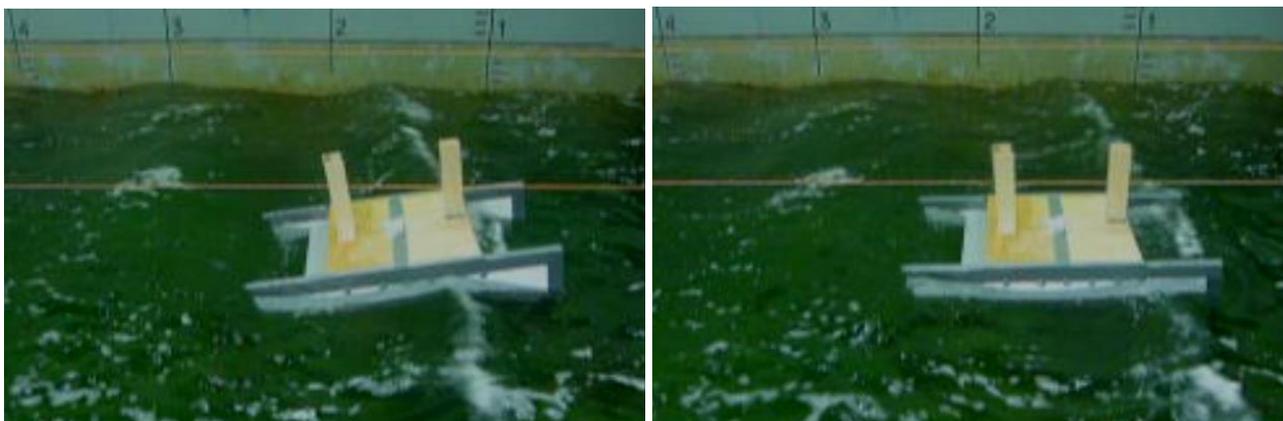


Рисунок 7 – Движение модели на волнении

В заключении представлены основные результаты работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа существующих проектов и патентов волновых движителей выявлены их особенности и недостатки. Предложена классификация волновых движителей по различным критериям.

2. На основе ТРИЗ предложены новые варианты волновых движителей. Подана заявка на изобретение волнового движителя без подвижных элементов.

3. Созданы компьютерные модели гидродинамики волновых движителей и выполнены вычислительные эксперименты, позволившие оценить возможность получения эффекта волновой тяги и предсказать параметры моделей для экспериментов в опытовом бассейне.

4. Изготовлена модель судна с волновым движителем и проведены первичные эксперименты в опытовом бассейне.

На основании выполненных компьютерных и модельных экспериментов можно сделать следующие выводы.

Модель с волновым движителем эффективно движется на попутном волнении. При большой длине волн по отношению к длине движителя средняя скорость уменьшается. Тем не менее, в моменты «захвата» судна длинной волной можно получить значительные скорости.

Добиться удовлетворительных результатов на встречном волнении не удалось.

Движению вперёд мешает килевая качка. Для её уменьшения следует увеличить длину подводной части корпусов при уменьшении площади ватерлинии.

Необходимы дальнейшие эксперименты с корректировкой конструкции волнового движителя, его расположения относительно корпусов судна, а также применяя различные корпуса.

Для повышения эффективности утилизации энергии встречных волн следует изучить работу данного типа волнового движителя в комбинации с другими движителями, например, на основе поворачивающихся крыльев.

Использование энергии волн может быть применено в сочетании с обычными энергетическими установками и движителями (гибридные установки).

Предложенные в работе идеи могут быть реализованы не только на судах, но и других морских сооружениях, например, на плавучих волноломах.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Krivonosov D.M., Chizhiumov S.D. The Ideas of Wave Propulsion Based on TRIZ // ТРИЗ технологии 2016: материалы 6-й международной конференции школьников, студентов и аспирантов, 25 ноября 2016 г., Комсомольск-на-Амуре (Российская Федерация), Сыхынъ (Южная Корея) 25 ноября 2016 г. /редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016, с. 17-21.

2. Кривоносов, Д.М. Движители, использующие энергию морских волн / Д.М. Кривоносов, С. Д. Чижиумов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й НТК студентов и аспирантов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017, с. 586-588.