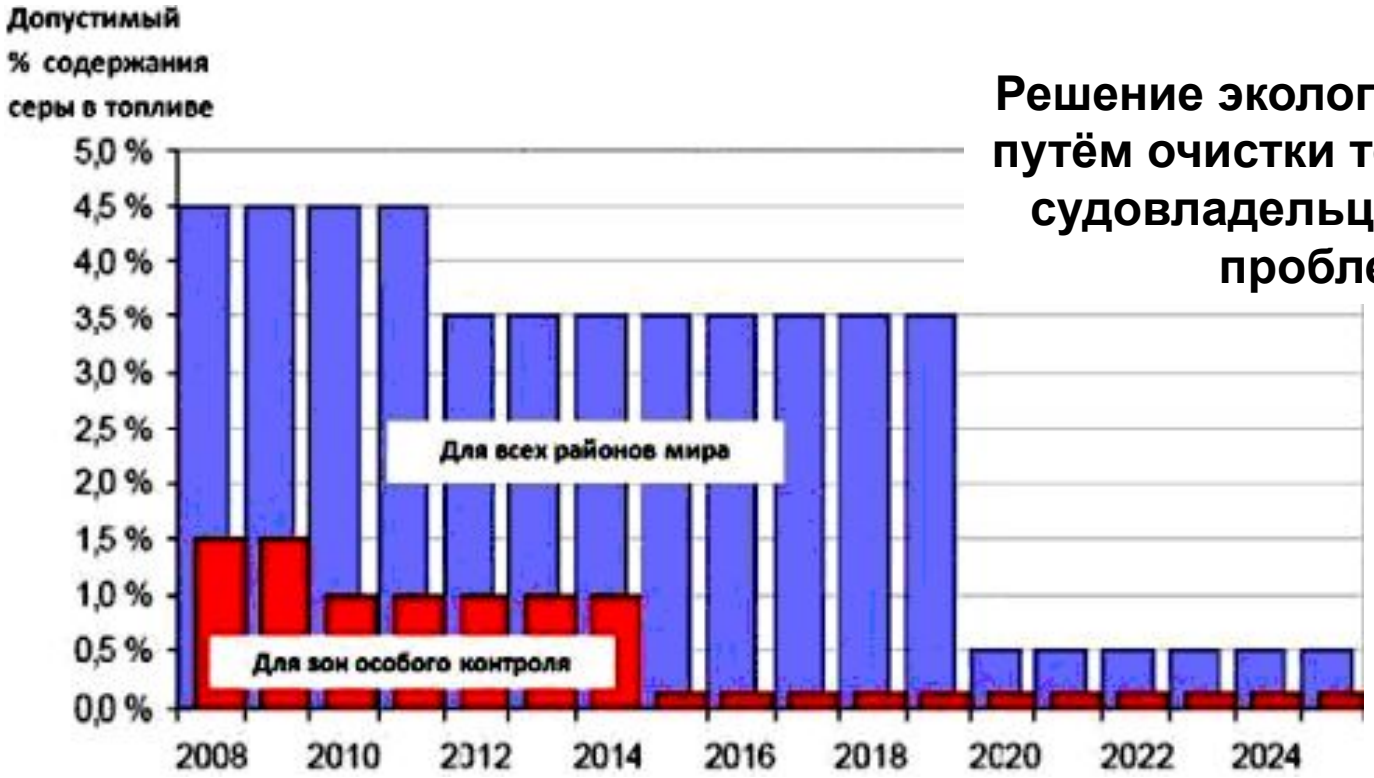
Актуальность

С судов выбрасывается в атмосферу около 30% мирового количества загрязняющих веществ. Требования приложения VI международной конвенции МАРПОЛ ограничивают содержание серы в топливе до 3.5%, в 2020 году это ограничение достигнет 0,5% (в районах контроля - до 0,1%).



Решение экологической проблемы путём очистки топлива для многих судовладельцев экономически проблематично.

С другой стороны, суда «плавают в океане энергии» (солнца, ветра, волн и др.). Эту энергию современная «цивилизация денег» упорно «не желает замечать», так как она ничего не стоит - её сложно приватизировать и продать с большой прибылью.

Судно в океане постоянно встречается с волнами.
Их энергия вызывает качку и напряжения от ударов волн.

Для уменьшения качки применяются разные успокоители. Но они либо громоздкие и сложные (успокоительные цистерны и гироскопы), либо часто ломаются от ударов волн (стабилизаторы), либо мало эффективные (скуловые кили). Кроме того, уменьшая качку, они увеличивают нагрузки от волн на судно.

Цель исследования:

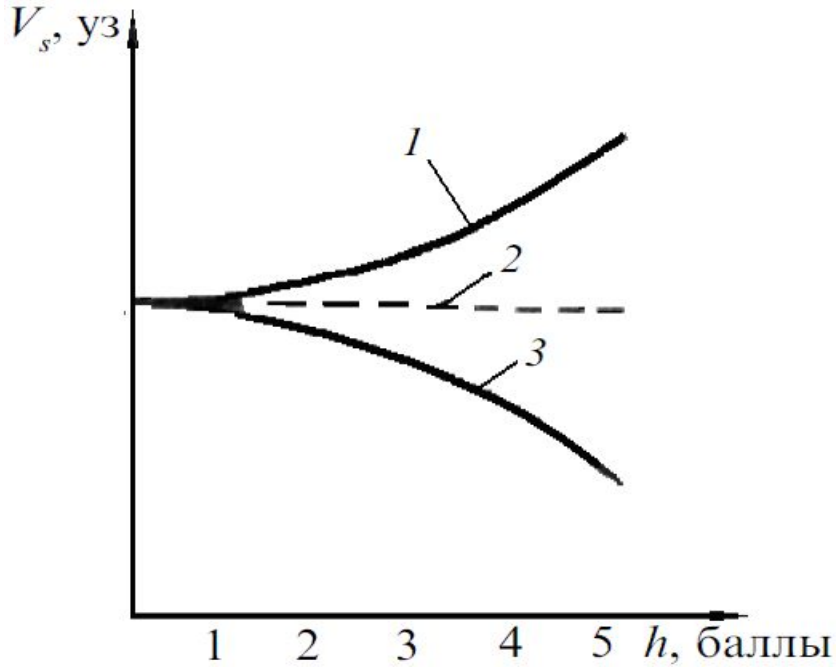
На основе исследования гидродинамики взаимодействия волнения с преобразователями энергии волн плавучего объекта поиск эффективных способов преобразования энергии морских волн в энергию поступательного движения судна. Другими словами, цель состоит в создании эффективных волновых движителей.

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.**

Зависимость скорости судна от интенсивности встречного волнения:

1 - скорость судна с ВД;
2 - скорость судна на тихой воде;
3 - скорость судна без ВД



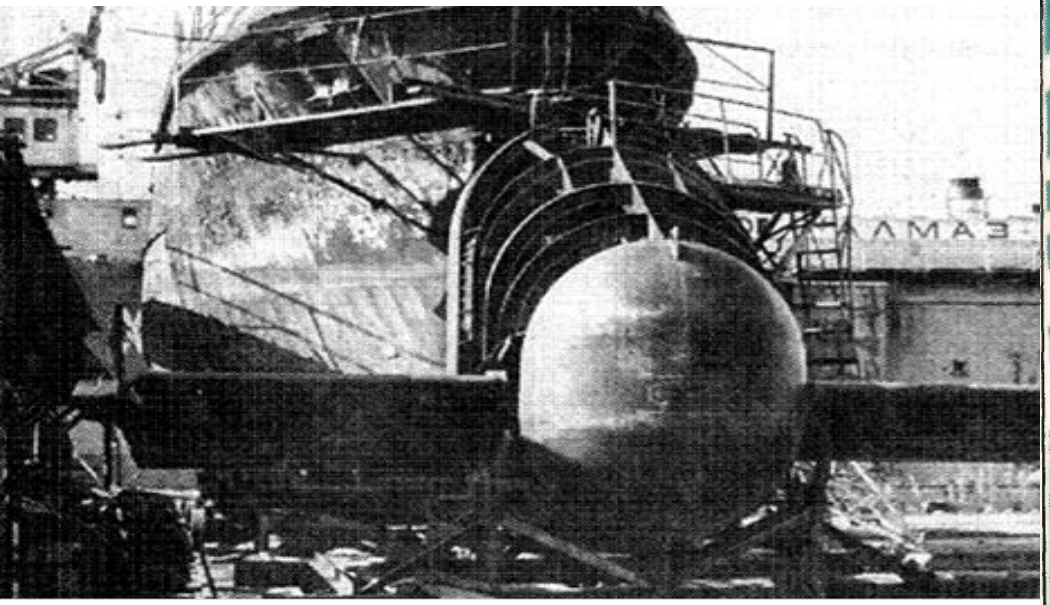
Типичный сухогруз длиной 100 м имеет мощность двигателя 3-5 тыс. кВт.

Средние волны в открытом море имеют 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.

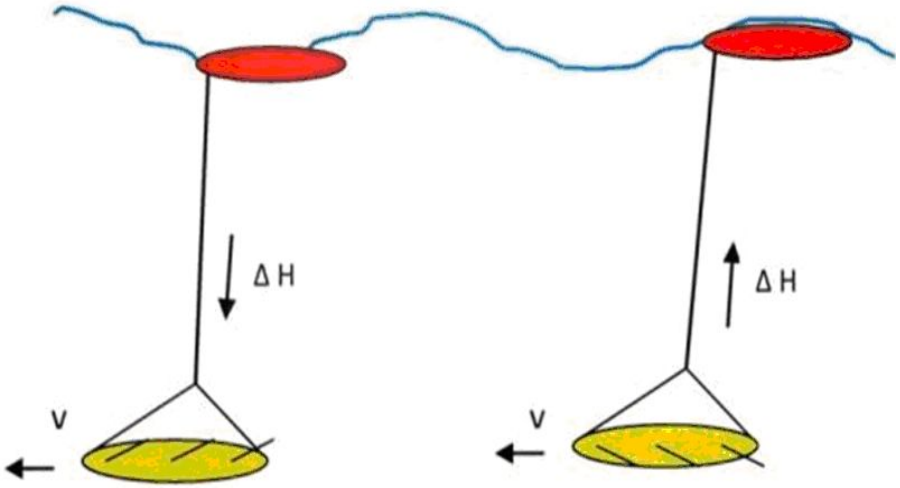
Еще в 60-х годах XX века специалисты серьёзно задумались над созданием корабельного движителя, использующего энергию волн для движения судна. Сам волновой движитель и все его вспомогательные механизмы были смонтированы в носу судна в бульбовом обтекателе . Проведённые морские испытания показали надёжность созданной конструкции, экономию топлива и увеличение скорости хода, а значит и дальности плавания .



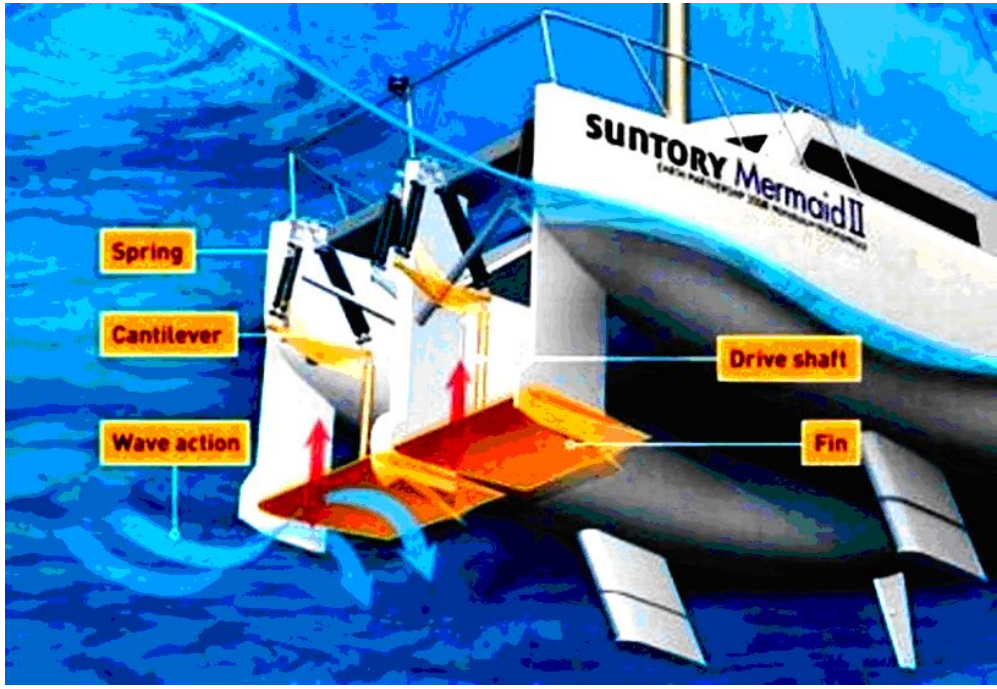
Волновой движитель на бульбовом обтекателе

Модель судна с волновым движителем П.Б.Грабовского

Глайдер разработки СамГТУ



Судно Suntory Mermaid II



Судно E/S Orcelle

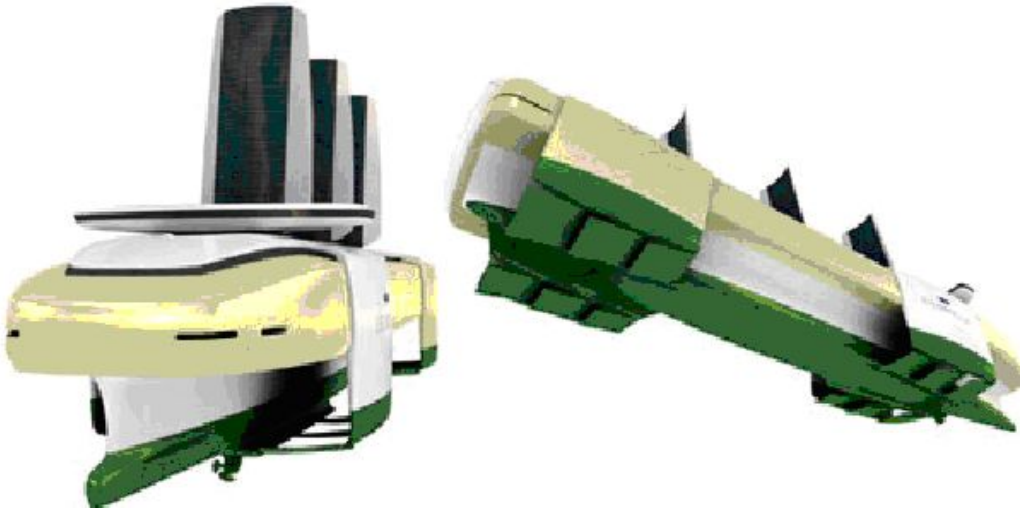
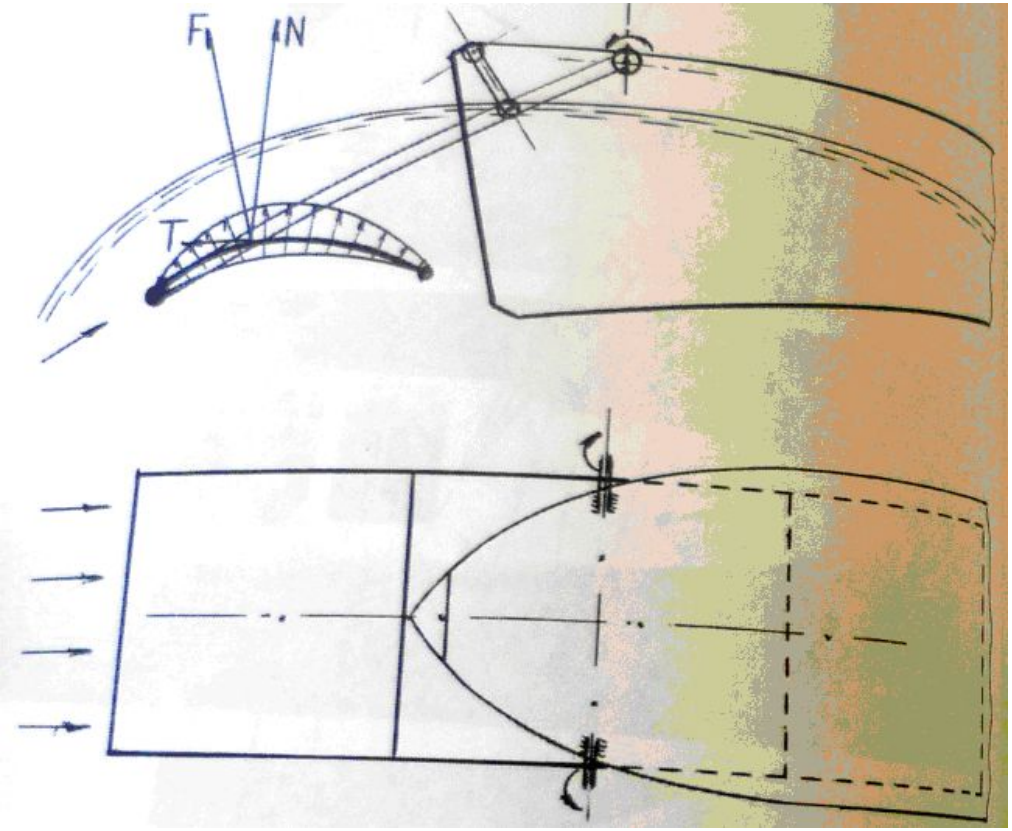
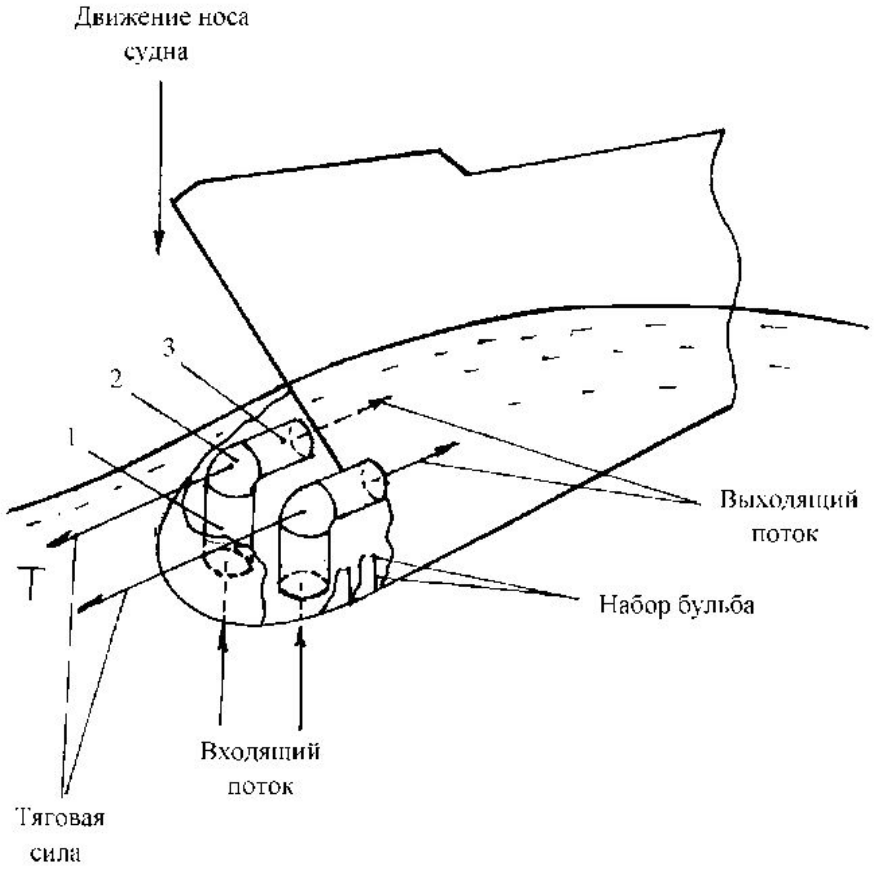


Схема судна с парусом – волнодвижителем



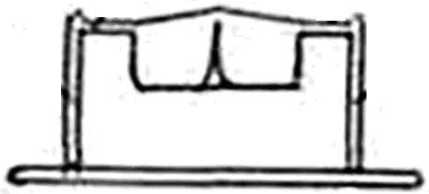
Волновой движитель на основе труб с клапанами



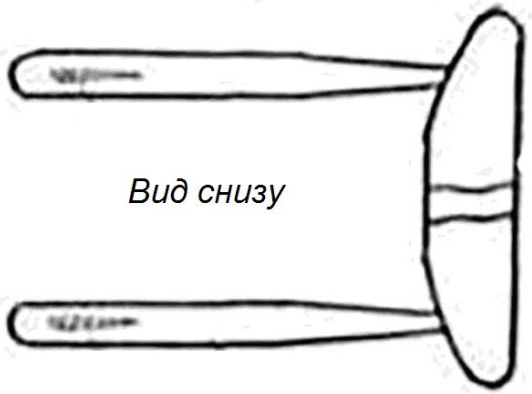
Судно с крылом на упругих подводных корпусах

Вид сбоку

Вид спереди



Вид снизу



Классификации волновых движителей

1. на основе крыльев (жесткие, гибкие, автоматические);
2. на основе применения поплавков, клапанов;
3. на основе использования промежуточных преобразователей энергии (генератор)
4. движущиеся створки;
5. без применения движущихся элементов;
6. комбинированные системы.

В зависимости от концепции отбора энергии, ВД можно разделить на два типа:

1. использующие энергию качки судна (глубоко погруженные ВД или преобразователи на качающемся судне);
2. расположенные в районе поверхности воды, использующие наибольшую энергию орбитального движения в волнах.

На основе анализа гидродинамики волн и патентов волновых движителей сформулированы принципиальные требования к ВД:

1.Энергия волн прямо пропорциональна длине их фронта, поэтому рабочий орган преобразователя должен быть вытянут по фронту.

2.Так как волновые давления имеют переменный характер, то движитель должен работать как выпрямитель, создавая тягу в одном направлении (по аналогии с полупроводниковым диодом или диодным мостом).

3.Корпус судна, обеспечивающий плавучесть, не должен подвергаться интенсивным волновым нагрузкам, а волновой движитель должен непосредственно утилизировать энергию волн

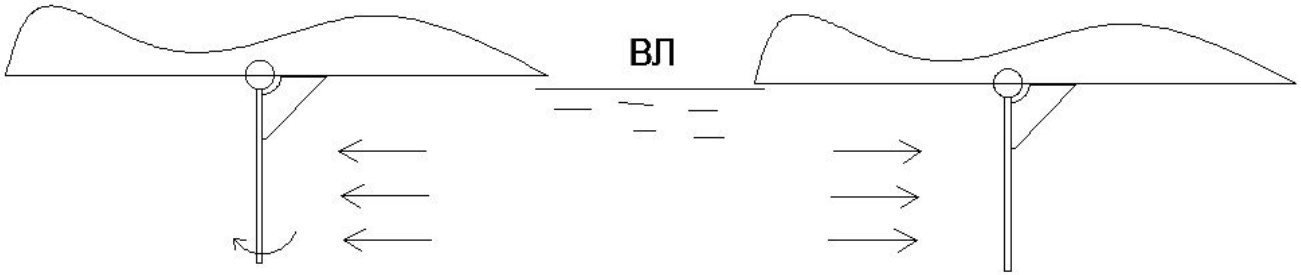
4.Энергия волн максимальна на поверхности моря, поэтому волновой движитель должен располагаться у поверхности, а корпус судна должен быть заглублён для уменьшения волновых нагрузок

5.Для обеспечения прочности волнового движителя от штормовых нагрузок в его элементах не должно возникать больших изгибных напряжений. Желательно, чтобы не было и ненадёжных подвижных соединений

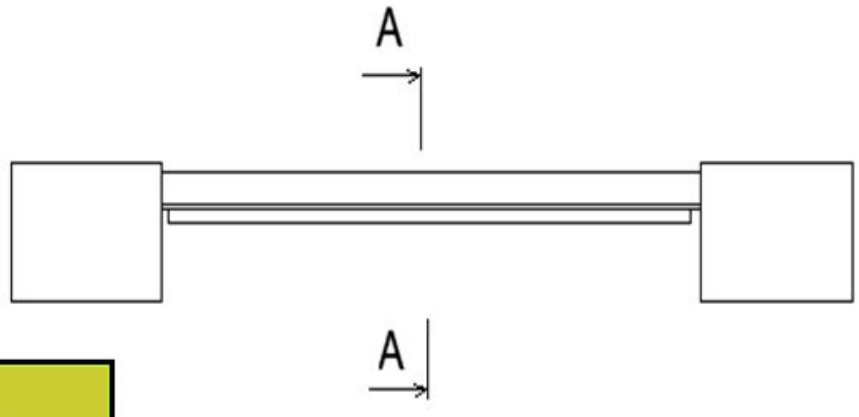
Выполнен системный анализ волнового преобразователя

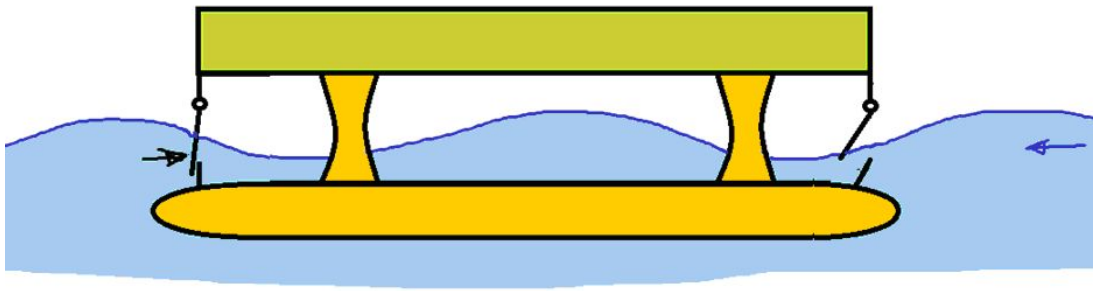
С применением ТРИЗ получены разные идеи ВД:

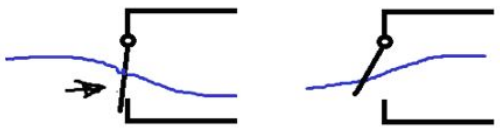
Движители – поворачивающиеся лопасти, расположенные в ряд по длине и ширине корпуса судна



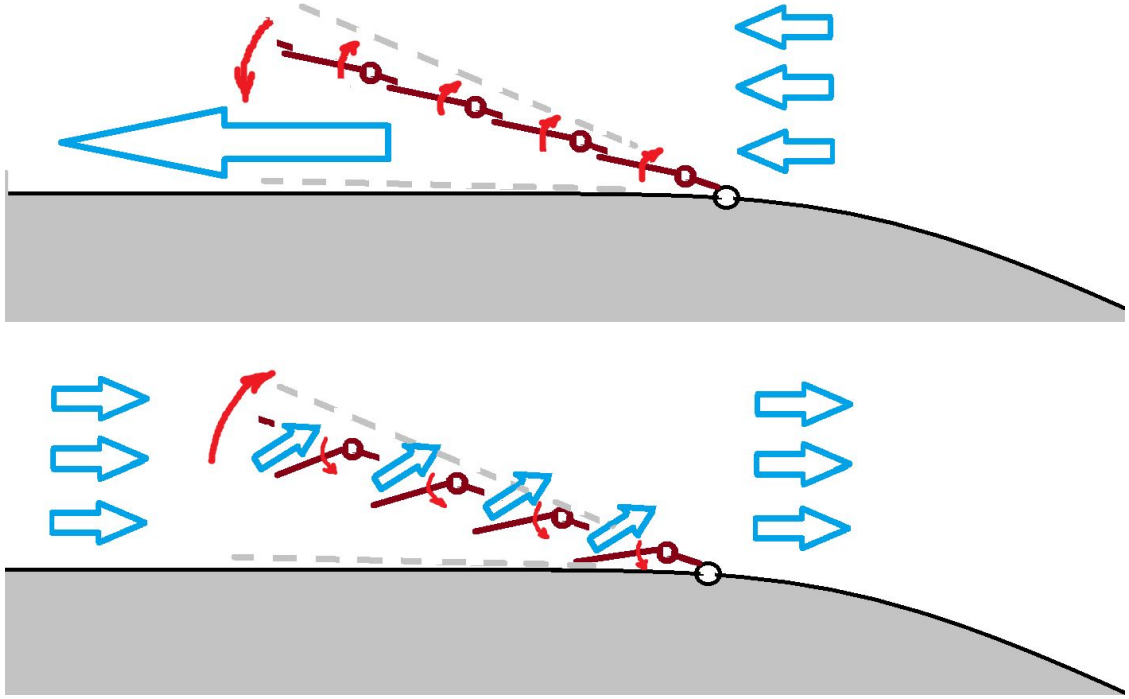
Катамаран с движителями – поворачивающимися сворками между корпусами





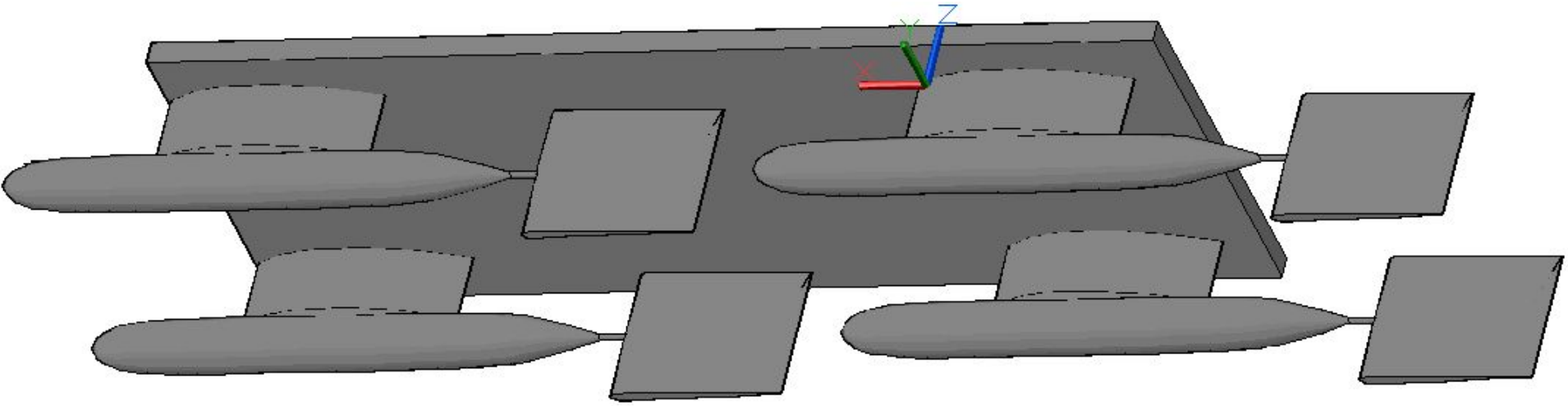


СМПВ с движителями – клапанами



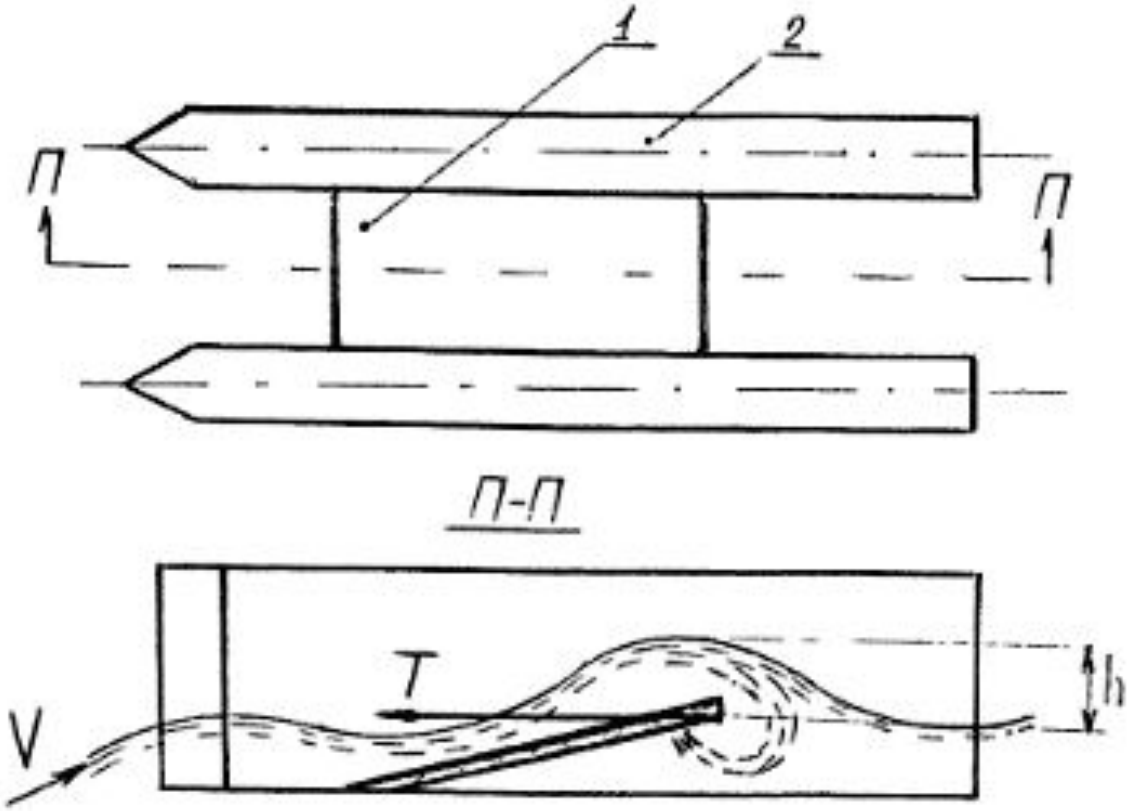
Модель комбинированного движителя в виде плавников с клапанами

Многокорпусное СМПВ с гибкими плавниками

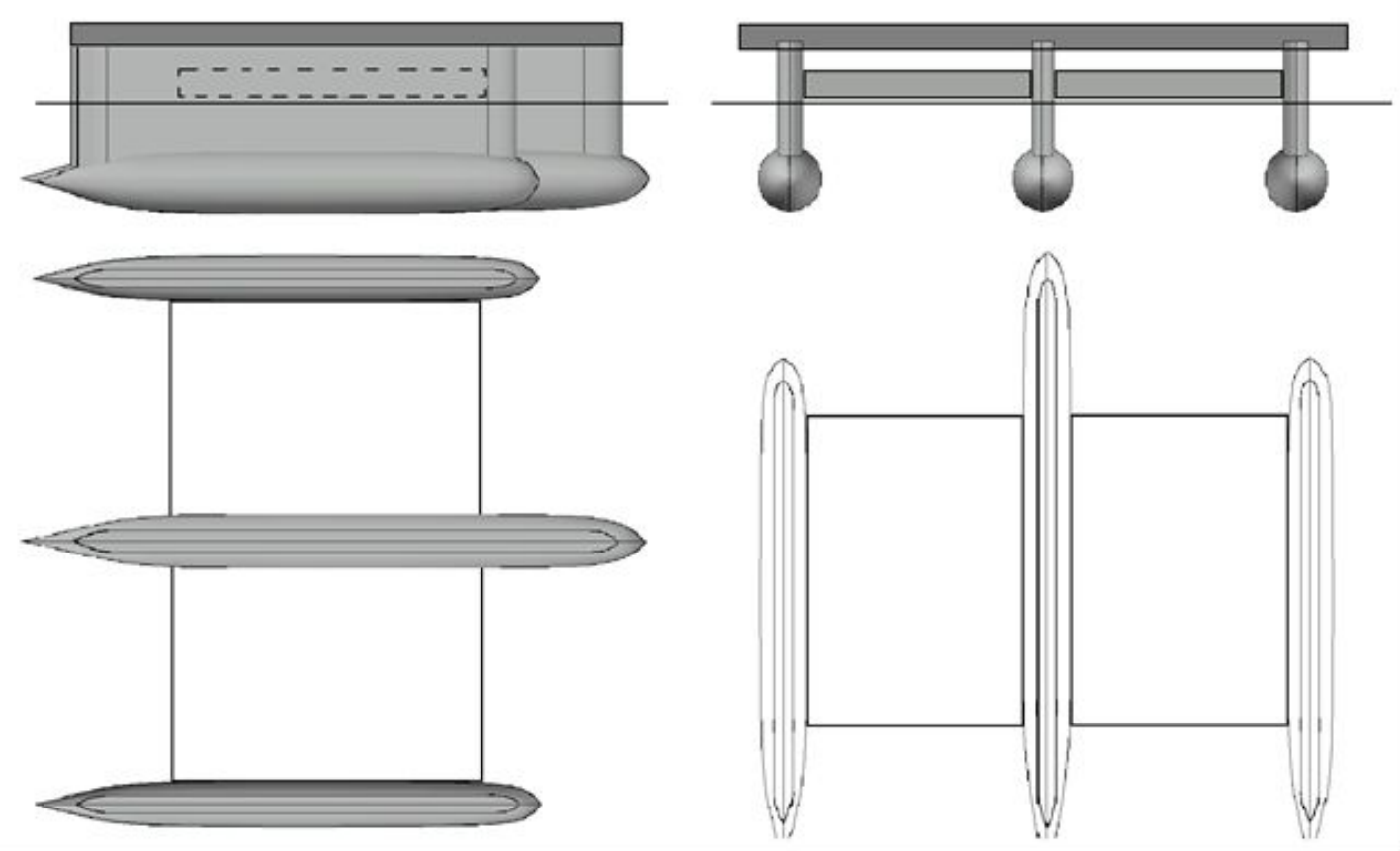


Изобретение, послужившее близким прототипом предлагаемого ВД:

Катамаран с движителем в виде наклонной пластины



Создан проект модели для проведения экспериментов в опытовом бассейне

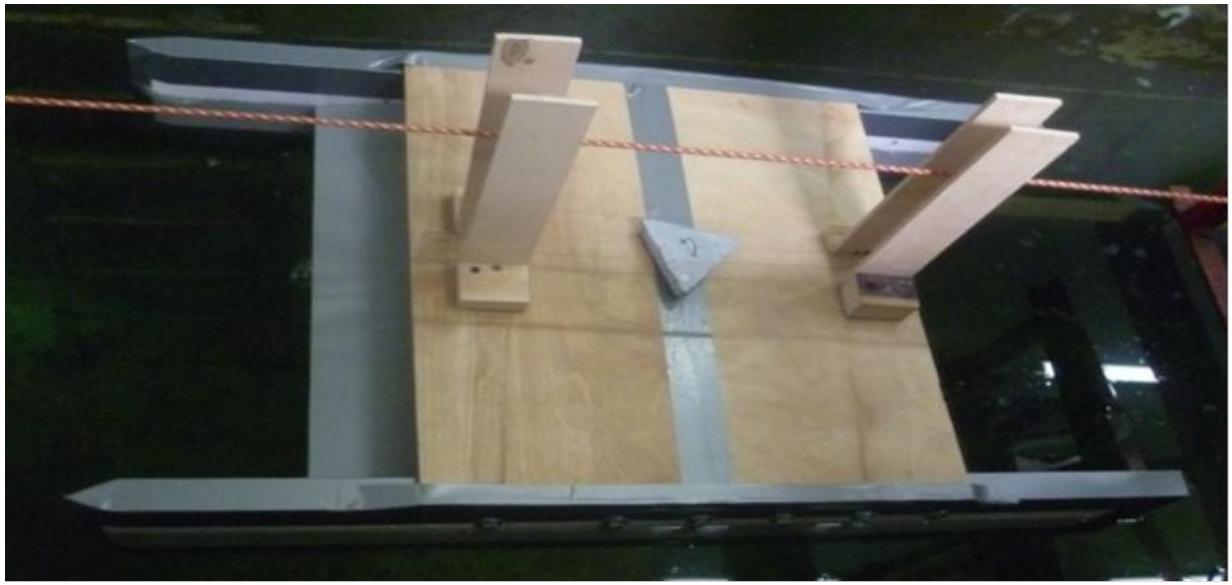


В связи с задержкой изготовления подводных корпусов для проведения первых опытов была изготовлена упрощённая модель судна в виде катамарана

Модель волнового движителя на стадии изготовления:

Модель двухкорпусного СМПВ (вид с носа)

Модель двухкорпусного судна (вид с кормы)

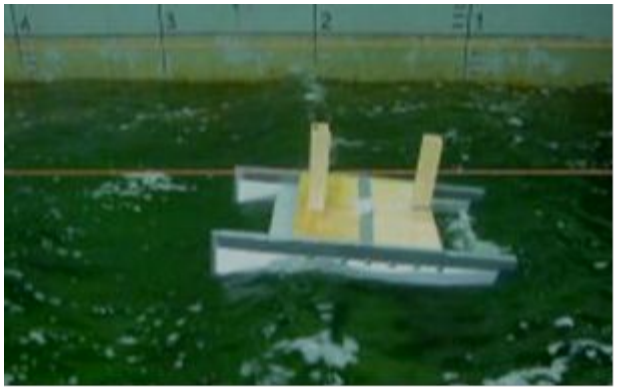
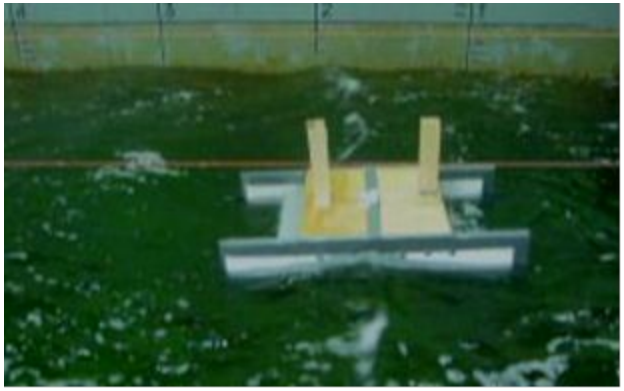
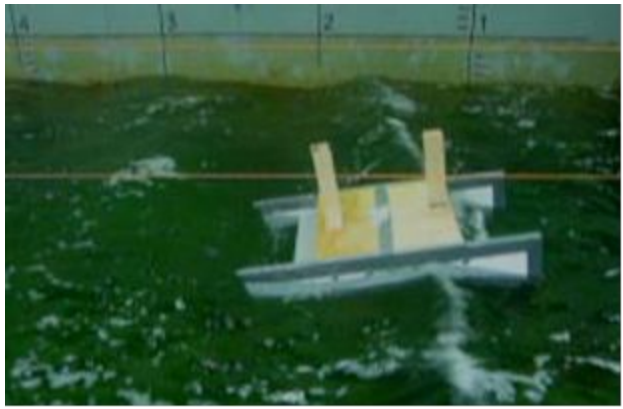
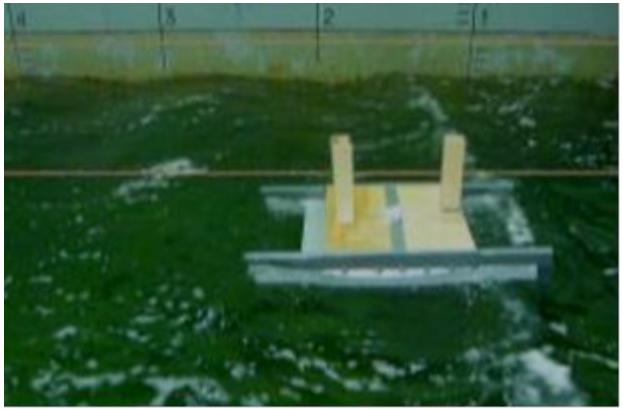
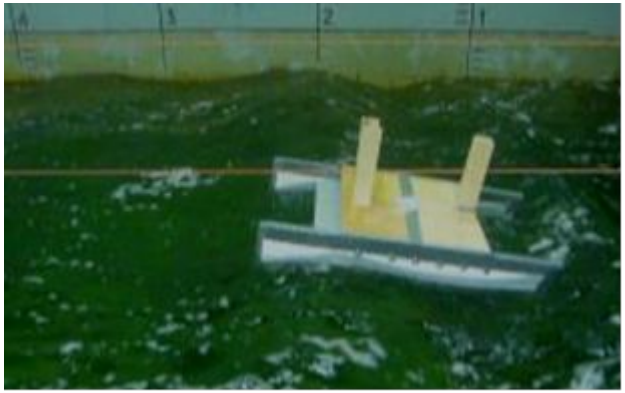
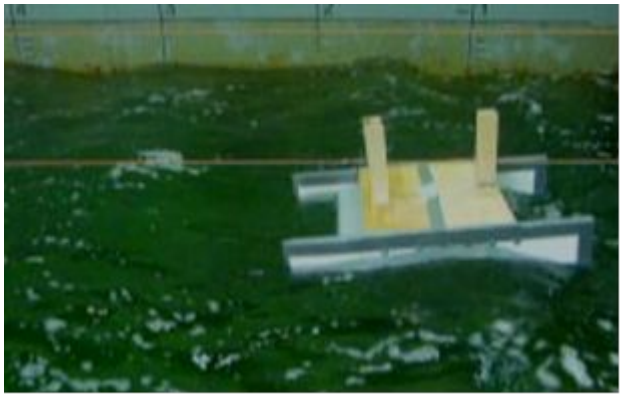


Модель двухкорпусного судна (вид сверху)

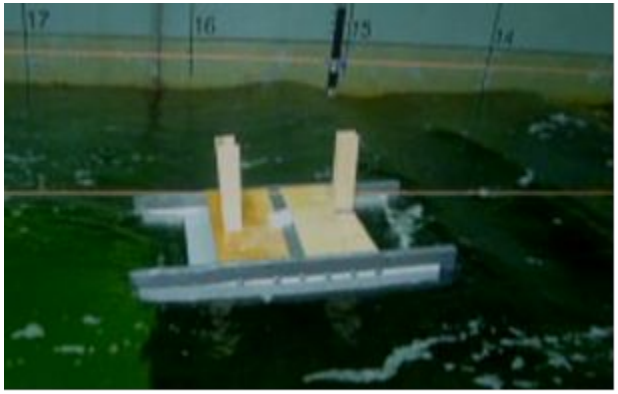
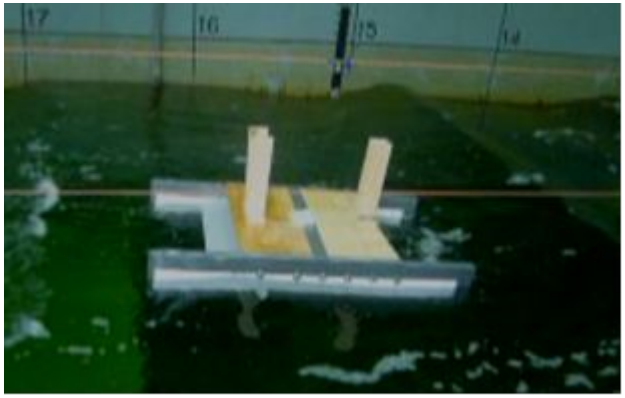
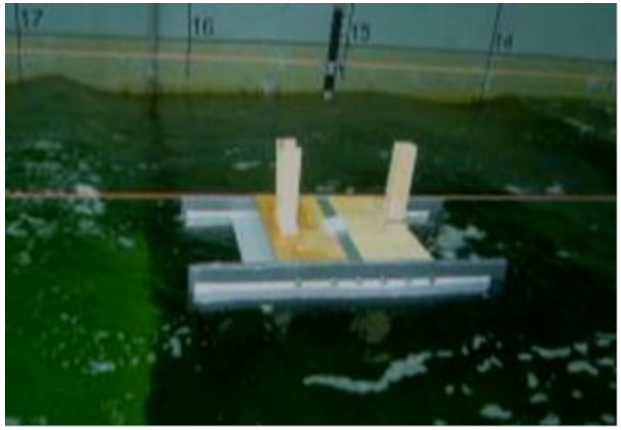
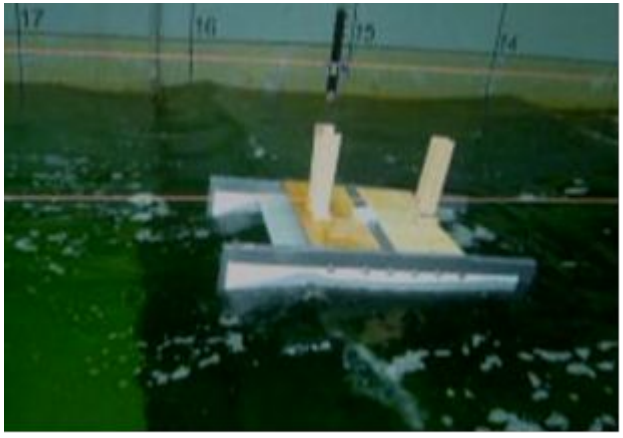
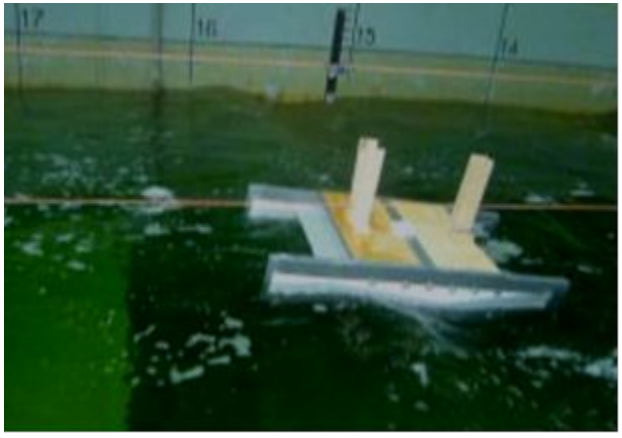
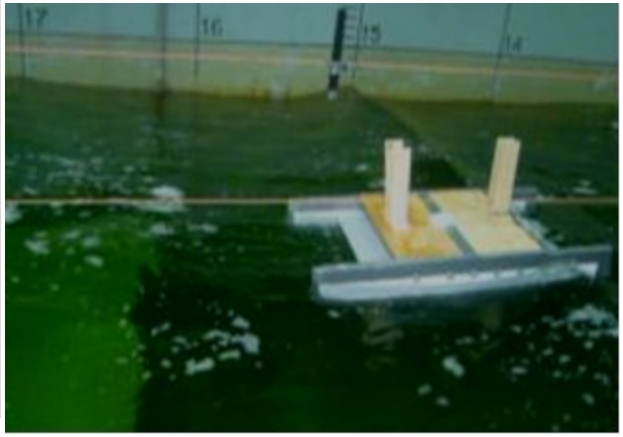
Модель двухкорпусного судна (вид сбоку)

Эксперименты в опытовом бассейне показали следующие результаты

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, происходит дрейф назад. 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 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.

На основании выполненных экспериментов можно сделать

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 по двум основным причинам: 1) проведено малое количество опытов (ограниченный диапазон параметров волн, только одна конструкция судна и движителя); 2) движению вперёд мешает килевая качка. Для уменьшения килевой качки следует …?

- Необходимы дальнейшие эксперименты с корректировкой конструкции волнового движителя, его расположения относительно корпусов судна, а также применяя различные корпуса.
- Для повышения эффективности следует изучить работу данного типа ВД в комбинации с другими движителями, например, на основе крыльев.
- Использование энергии волн может быть применено в сочетании с обычными ЭУ и движителями (гибридные установки).
- Предложенные идеи могут быть реализованы не только на судах, но и других морских сооружениях, например, на плавучих волноломах.