

УДК 629.017+629.563

**М.Ю. Сандаков, М.Л. Мухина**  
**ОЦЕНКА МОРЕХОДНОСТИ РОТОРНО-ВИНТОВОГО**  
**ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*

Рассматривается модель амфибийного транспортного средства, обеспечивающего возможность доступа к любой местности для отдыха, работы, поисково-спасательных работ, десантных и других военных операций и использующего роторно-винтовой движитель в качестве основного и на воде, и на суше. Для обоснования и расчётов по выявлению и оценки мореходных качеств транспортного средства средствами компьютерной графики была создана геометрическая модель и получена схема теоретического чертежа в трех проекциях. Проведён анализ информации по характеристикам движения на воде транспортных средств данного типа. Построены инерционно-энергетические зависимости транспортного средства при движении по воде.

**Ключевые слова:** транспортное средство, роторно-винтовой движитель, геометрическая модель, теоретический чертеж-схема, мореходные качества.

С каждым годом все интенсивнее идет освоение труднодоступных районов России, хранящих в своих недрах неисчислимы богатства. Разыскивая эти «тайники природы», работают многочисленные геологоразведочные партии. Люди преодолевают сотни и тысячи километров непроходимой тундры, форсируют болота и топи, не замерзающие и в суровые зимы реки, глубокие снега, полугодовую полярную ночь, ледовые явления на поверхности морей практически круглый год на шельфе Арктических морей. В данных суровых климатических условиях страны ведётся разведка и добыча нефти и газа. В этом поисковикам помогают инженеры-конструкторы, создающие транспортные машины – вездеходы-амфибии, автомобили высокой проходимости, вертолеты и самолеты высокой проходимости, буровые станции различного конструкционного типа, работающие на значительном удалении от береговых баз и друг от друга.

При работе буровых установок возможны риски возникновения чрезвычайных ситуаций (пожар, выброс нефти или газа, опрокидывание платформы под действием внешних факторов, ледяное сжатие с повреждением корпуса, пробоина водонепроницаемой обшивки с последующим затоплением буровой и т.д.) Для спасения и эвакуации личного состава буровой платформы от места аварии в арктических условиях необходимы специальные спасательные средства, такое как амфибийное транспортное средство с роторно-винтовыми движителями, далее РВТС [1, с. 8]. Данное РВТС обладает наилучшими качествами по проходимости в условиях бездорожья:

- способностью уверенно двигаться по заболоченному берегу, преодолевая препятствия;
- не испытывая затруднений, передвигаться по снегу и льду;
- совершать морские переходы, двигаясь с приличной скоростью по воде даже в условиях битых льдов.

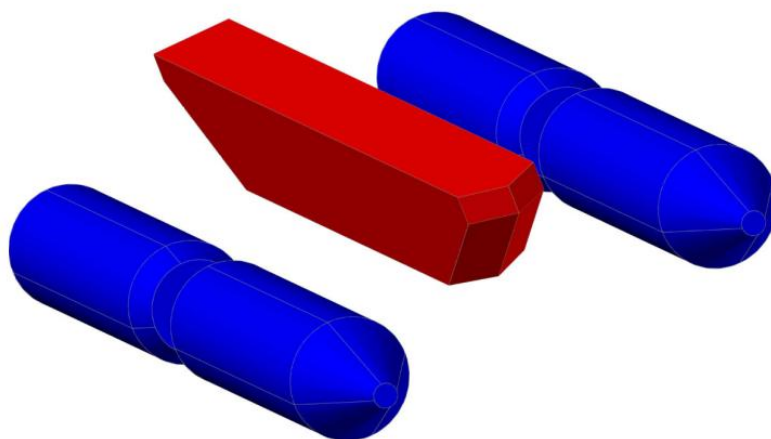
Одним из основных достоинств РВТС является уверенное движение по водной поверхности [1, с.15]. Поэтому, как любое плавающее сооружение, должно обладать мореходными качествами. Мореходные качества включают в себя следующие способности транспортного средства [2, с.7]:

- держаться на воде, как в нормальном, так и повреждённом состоянии со всеми находящимися на нём грузами и экипажем, имея при этом определённую посадку;
- сохранять состояние устойчивого равновесия под действием внешних сил, как в прямом, так и в наклонном положении;

- держаться на воде при затоплении одного или нескольких роторов (шнеков);
- иметь плавную и медленную качку во время плавания;
- перемещаться по воде в любом направлении с определённой скоростью и сохранять максимальную скорость при минимальной мощности силовой установки, как на спокойной, так и взволнованной поверхности воды;
- иметь хорошую поворотливость под действием рулевого органа;
- сохранять по возможности прямолинейность движения и наименьшее отклонение от курса при неизменном положении рулевых органов.

Всё перечисленное отождествляется мореходными качествами амфибийной машины: плавучестью, остойчивостью, непотопляемостью, плавностью качки, ходкостью, поворотливостью и устойчивостью на курсе.

Для обоснования и расчётов по выявлению и оценки мореходных качеств транспортного средства необходимо создать графически геометрическую модель, поверхность которой непроницаема для воды, как погруженной, так и надводной части и воспроизводит формы и размеры РВТС без выступающих конструкций (кронштейны, винтовые лопасти роторов, привода, рамы, обносы, рёбра жёсткости и т.д.) При этом настройка корпуса не учитывается, речь идет только о платформе и четырех роторах. Такую модель назовём *теоретическим корпусом плавающего сооружения* [1, с. 39] (рис. 1).



**Рис. 1. Теоретический корпус плавающего сооружения**

Для геометрического представления о формах (обводах) теоретического корпуса его поверхность изображена в трёх проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметрально плоскость (ДП), продольно-вертикальная плоскость симметрии геометрической поверхности, плоскость грузовой ватерлинии (ГВЛ), проходящая по свободной поверхности спокойной воды при плавании в полной нагрузке (массе), и плоскость мидельшпангоута, делящую теоретический корпус на две равные по длине части носовую и кормовую (рис. 2). Теоретический корпус нашей машины разбит на 20 теоретических шпангоутов (сечений) через равные расстояния 0,478 м по длине грузовой ватерлинии. Результаты сечений изображены на третьей проекции ортогонального чертежа (*проекция корпус*). Также теоретический корпус РВТС рассечён на 9 ватерлиний от *основной линии* (ОЛ) через равные расстояния 0,192 м. Результаты этих пересечений нанесены на проекцию грузовой ватерлинии, описывая графически только половину обводов (*проекция полуширота*). Система сечений теоретического корпуса взаимно-перпендикулярными плоскостями в совокупности образует теоретический чертёж, проекции которого называются *боксом*, *полуширотой* и *корпусом*.

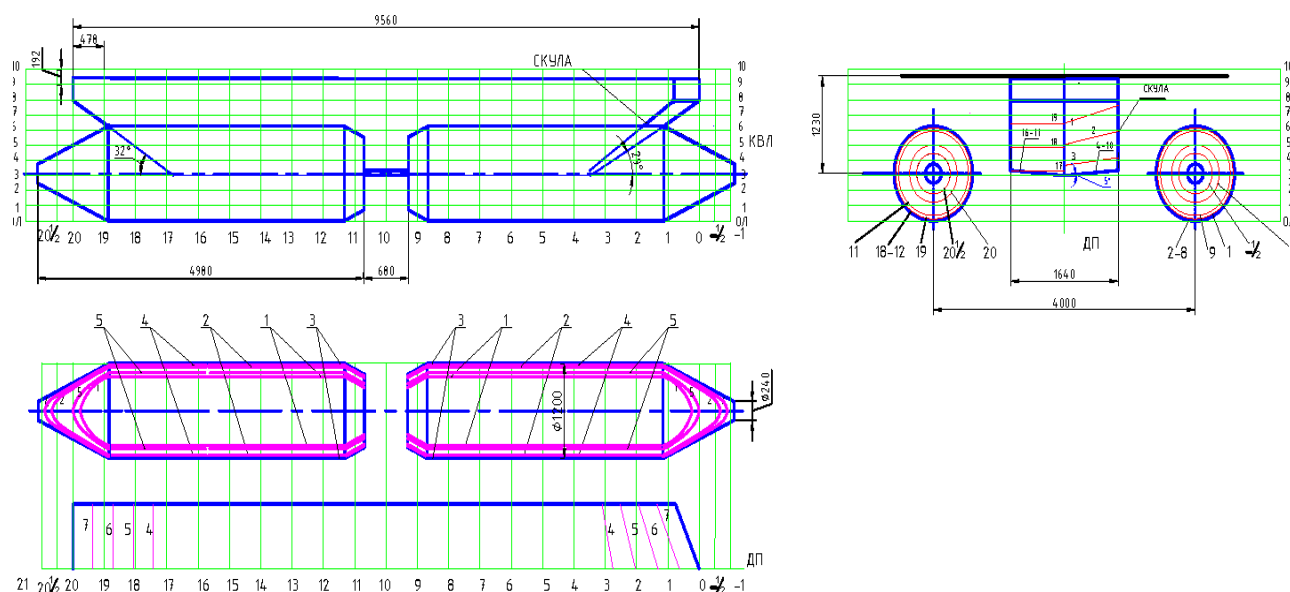


Рис. 2. Схема теоретического чертежа модели РВТС (разработка авторов)

Изображения на теоретическом чертеже РВТС (рис. 2) представлены проекциями *бока*, *полушироты* и *корпуса*. Носовая оконечность проекции *бок* изображена справа. Передняя линия носовой оконечности носит название *форштевень* корпуса. Кормовая (задняя) плоскость корпуса РВТС называется *транцем* корпуса. Линия перехода носовых очертаний к бортовым называются *скулой*. Нижняя линия корпуса носит названия *киля*. Предложенные обводы (формы поверхности корпуса и роторов) РВТС характеризуются углом наклона форштевня  $29^\circ$ , что положительно сказывается при движении машины на волнении, в битых льдах, при выходе на лёд и береговую линию. Заострение носовой оконечности в районе действующей ватерлинии составляет  $75^\circ$ , что влияет на улучшение ходкости, на устойчивость на курсе и ледопроходимость при движении в битых льдах. Часть транца наклонена на  $32^\circ$  к основной линии: это формообразование позволяет машине не грудить кормой битый лёд при движении задним ходом, при сходе со льда на воду уменьшает риск удара корпусом о кромку льда. При движении передним ходом посуху позволяет машине меньше задевать препятствия (кочки, торосы, ледяные гряды). На проекции корпус теоретического чертежа видна *килеватость* лодки, которая составляет  $5^\circ$ . Это позволяет, не теряя полезного объема корпуса, уменьшить боковой дрейф РВТС при движении по воде.

С помощью теоретического чертежа геометрической модели РВТС можно исследовать и рассчитать параметры, характеризующие плавучесть и начальную остойчивость машины. Наиболее важными в оценке плавучести будут являться «Строевая по ватерлиниям» (рис. 3), [3, с. 89] и «Кривая грузового размера РВТС» (рис. 4), [3, с. 138]. Эти кривые характеризуют величину площади и объёма подводной части машины в зависимости от осадки РВТС при посадке на ровный киль (горизонтально).

К вопросу изучения ходкости машины с роторно-винтовым движителем авторы статьи подошли, рассмотрев статистический ряд подобных машин. Был проведён анализ информации по характеристикам движения на воде транспортных средств данного типа. При подборе информации уделялось особое внимание таким параметрам как скорость движения по воде, геометрические размеры машин, мощность двигателей и масса транспортных средств. Для систематизации анализа полученных данных были построены инерционно-энергетические зависимости РВТС при движении по воде. Это графическая зависимость удельной мощности РВТС от числа Фруда (рис. 5). Удельная мощность представляет собой отношение мощности энергетической установки транспортного средства к массе машины, измеряемое в условных единицах (кВт/т). Как известно, например, из [3, с. 45], число Фруда

– это безразмерный коэффициент, связывающий инерционные и гравитационные характеристики движущегося объекта

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{Lg}},$$

где  $v$  – скорость движения машины (м/с);  $L$  – габаритная длина машины (м);  $g$  – ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>). Используя этот инструмент, удобно сравнивать быстроходность движения объектов, обладающих различными геометрическими размерами. Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод: разрабатываемое в рамках данного проекта РВТС по своим инерционно-энергетическим параметрам попадает в общий ряд ранее созданных роторно-винтовых машин [3].

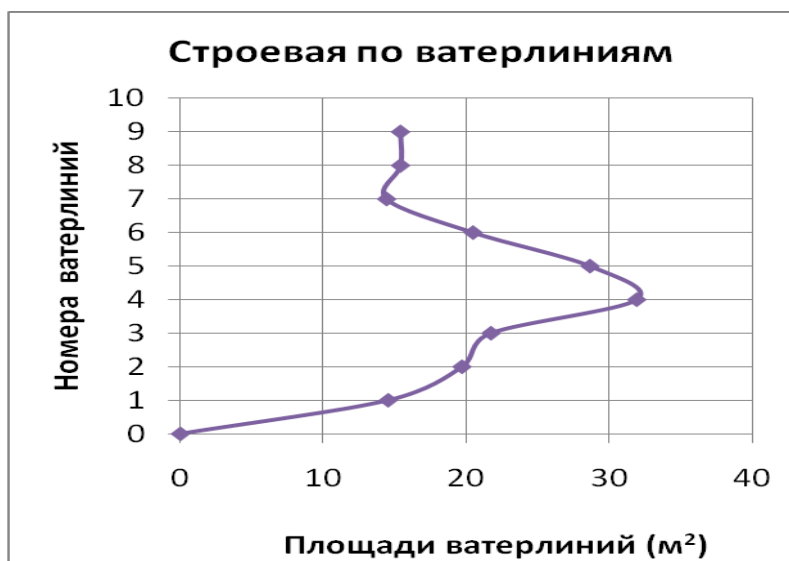


Рис. 3. Строевая по ватерлиниям РВТС

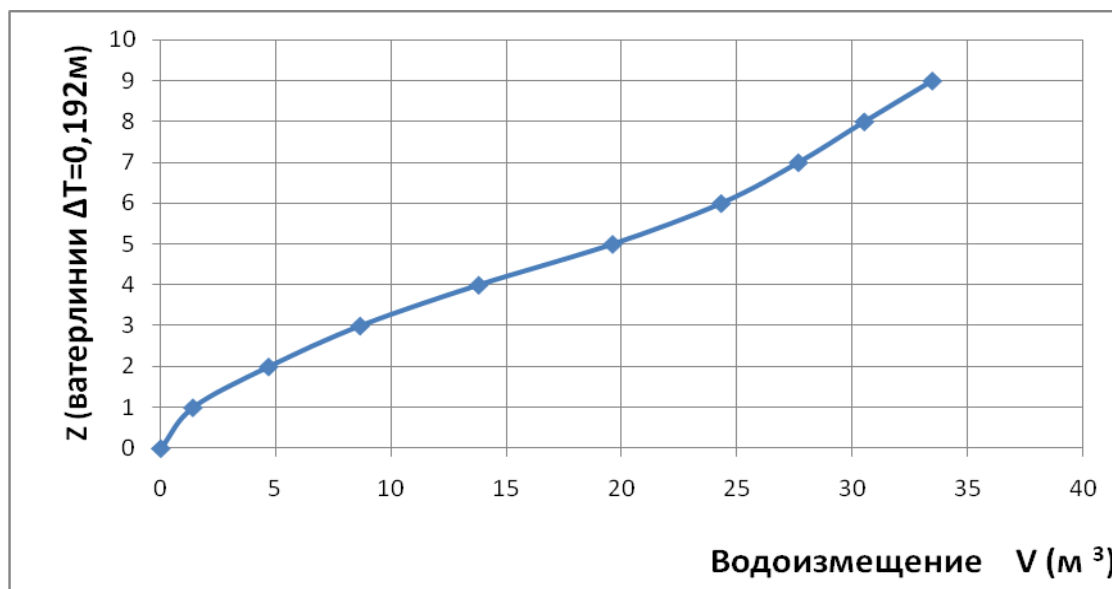
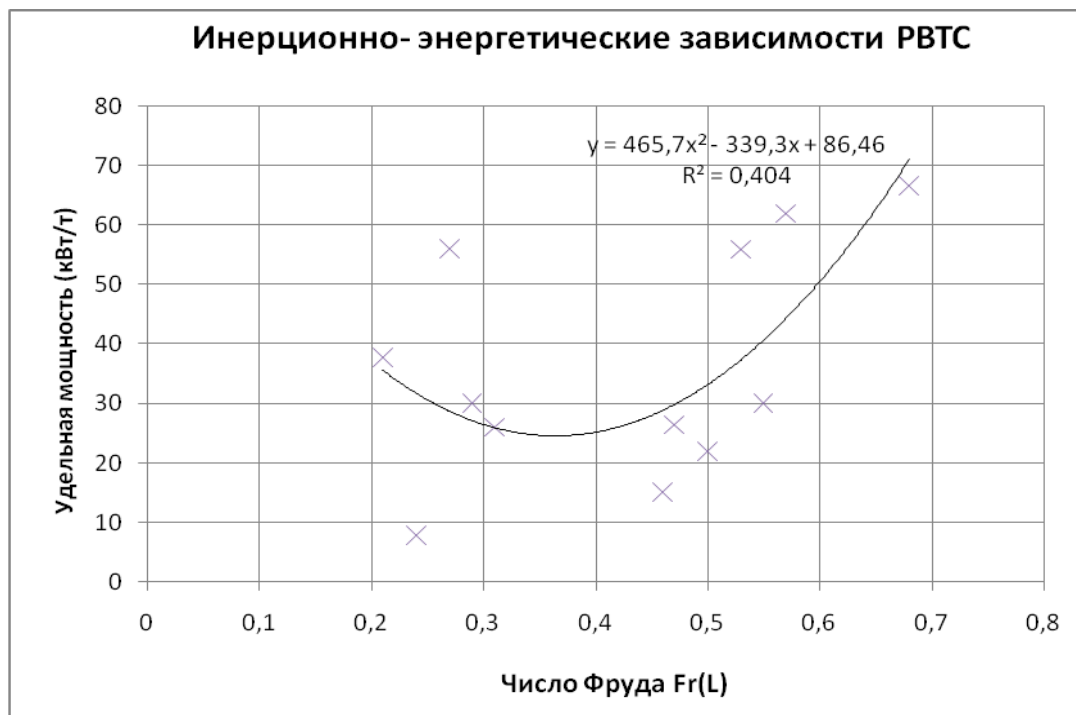


Рис. 4. Кривая грузового размера РВТС



**Рис. 5. Инерционно-энергетические зависимости РВТС при движении по воде**

*Библиографический список*

1. Роторно-винтовые машины. Основы теории движения [Текст] / И.О. Донато, В.А. Жук, Б.В. Кузнецов, А.П. Куляшов, В.А. Шапкин, Ю.В. Щербаков. – Н. Новгород, НПК, 2000. – 451 с.
2. Алферьев, М.Я. Теория корабля [Текст] / М.Я. Алферьев. – М.: Речной транспорт. 1959. – 491с.
3. Войткунский, Я.И. Справочник по теории корабля [Текст] / Я.И. Войткунский. – Л.: Судостроение, 1985. Т.2. – 440с.