

УДК 629.1.039

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ АМФИБИЙНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ДВИЖИТЕЛЕМ

**Киркин С.Ф., Соколов Г.М., Коротков П.А., Осипов В.И.**

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, e-mail: KorotkovPA@volgatech.net*

Выполнен поиск оптимальной формы продольного профиля амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем по двум направлениям: в предположении, что профиль носовой части описывается степенной функцией; определение длины носовой части. Произведен расчет процесса выхода из воды на лед четырех вариантов амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем для оценки влияния положения центра тяжести в сочетании с весовыми характеристиками. Проведены экспериментальные исследования для проверки результатов расчетов и получения объективной картины взаимосвязи изучаемых параметров. Объектом испытаний была модель амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем «Каспий-2М», изготовленная в масштабе 1:2. В результате исследования обоснованы конструктивные параметры амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем: форма носовой части и расположения центра тяжести.

**Ключевые слова:** амфибии, аэробоаты, аэродинамический движитель, воздушный винт

## FOUNDATIONS FOR CONSTRUCTIONAL DESIGN OF AN AMPHIBIOUS VEHICLE WITH AN AERODYNAMIC PROPULSION DEVICE

**Kirkin S.F., Sokolov G.M., Korotkov P.A., Osipov V.I.**

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: KorotkovPA@volgatech.net*

The search for an optimal shape of the longitudinal profile of an amphibious vehicle with an aerodynamic propulsion device was conducted in two directions: on the hypothesis that the forebody is given by exponential function; forebody length measurement. The calculation of the process when a vehicle comes out of water onto ice of 4 variants of amphibious vehicles with an aerodynamic propulsion device was made in order to assess the role of a centre-of-gravity position along with weight characteristics. Experimental research was carried out to analyze calculation data and to comprehend the interrelation of test parameters. A test object was the amphibious vehicle model Caspiy-2M made on a 1:2 scale. As a result of research the design values of an amphibious vehicle with an aerodynamic propulsion device were justified: the forebody shape and the center of gravity position.

**Keywords:** an amphibious vehicle, airboats, aerodynamic propelling screw, aerodynamic propeller

В Поволжском государственном технологическом университете по заказу ряда рыбопромышленных организаций Каспийского бассейна выполнены НИОКР по созданию амфибийных транспортных машин, предназначенных для грузопассажирских перевозок при подлёдном лове рыбы в дельте реки Волги и промысле тюленей на Северном Каспии в зимнее время. В этот период Северный Каспий покрыт тонким непрочным льдом, имеющим большое количество трещин и промоин. Встречаются большие участки битого льда с водой и участки открытой воды. В подобных условиях ни один из традиционных наземных или водных видов транспорта работать не может. Указанные чрезвычайно тяжелые условия эксплуатации обусловили большую техническую сложность создания машин.

В результате выполнения темы в университете были разработаны, изготовлены и испытаны в производственных условиях первые образцы таких машин («Каспий»). Их эксплуатация показала, что наиболее характерным и тяжелым режимом движе-

ния является выход амфибии в полностью груженом состоянии из воды на лед. Этим режимом фактически определяются основные характеристики движительной установки машины: установленная мощность двигателя и величина максимального тягового усилия воздушного винта. От указанных параметров прямо зависит топливно-энергетическая экономичность машины. Производственная эксплуатация амфибий «Каспий-1» и «Каспий-2» показала, что величины энергетических затрат, необходимых для осуществления наиболее тяжелого режима движения (выхода полностью груженой машины из воды на лед), в значительной степени зависят от формы продольного профиля машины, в том числе профиля ее носовой части, а также ряда других параметров: массы машины, координат центра тяжести, расположения воздушного винта [5].

На основании результатов производственной эксплуатации был проведен анализ указанного наиболее тяжелого режима движения, показавший, что продольный профиль машин «Каспий-1» и «Каспий-2»

не является оптимальным и может быть изменен с целью минимизации энергетических затрат. В результате анализа были определены требуемые для этого геометрические параметры (обводы) продольного профиля его носовой части, а также координаты центра тяжести амфибии. С целью уточнения полученных аналитическим путем результатов и подтверждения их достоверности был выполнен комплекс необходимых экспериментальных исследований.

был произведен расчет процесса выхода из воды на лед четырех вариантов амфибии:

1.  $G = 5400 \text{ Н}$ ;  $\mu_c = -0,66 \text{ м}$ ;  $\nu_c = 0,25 \text{ м}$ .
2.  $G = 3000 \text{ Н}$ ;  $\mu_c = -0,5 \text{ м}$ ;  $\nu_c = 0,15 \text{ м}$ .
3.  $G = 3900 \text{ Н}$ ;  $\mu_c = -0,49 \text{ м}$ ;  $\nu_c = 0,24 \text{ м}$ .
4.  $G = 4500 \text{ Н}$ ;  $\mu_c = -0,68 \text{ м}$ ;  $\nu_c = 0,19 \text{ м}$ .

где  $G$  – сила тяжести, приложенная в центре тяжести  $C$  амфибии,  $\mu_c$ ,  $\nu_c$  – координаты центра тяжести  $C$  в подвижной системе координат  $\mu O_1 \nu$  [5].

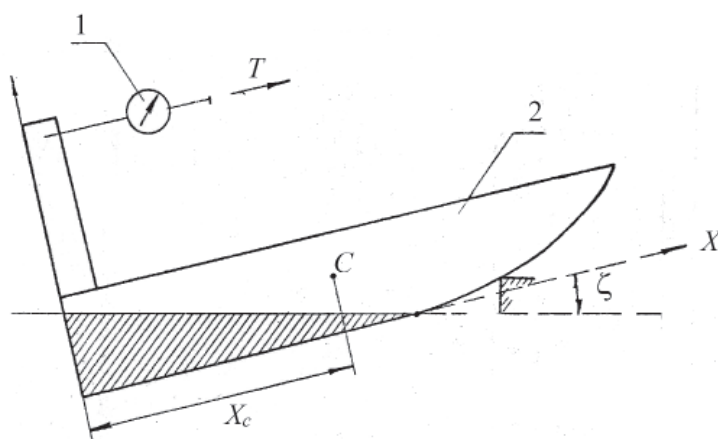


Рис. 1. Схема опытного определения силы  $T$  на модели:  
1 – динамометр ДОР – 0,02; 2 – модель

**Цель исследования** – обоснование оптимальных конструктивных параметров амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем: формы продольного профиля и расположения центра тяжести с целью минимизации эксплуатационных энергетических затрат.

#### Задачи исследования:

1. Обосновать оптимальную форму продольного профиля амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем.
2. Обосновать выбор положения центра тяжести амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем.
3. Провести экспериментальные исследования для проверки результатов расчетов и для получения объективной картины взаимосвязи изучаемых параметров.

#### Материалы и методы исследования

Поиск оптимальной формы продольного профиля проводился по двум направлениям:

- 1) в предположении, что профиль носовой части амфибии описывается степенной функцией с показателем степени  $z$ , определялось оптимальное значение  $z$ ;
  - 2) определение длины носовой части – размера  $b$ .
- Для оценки влияния положения центра тяжести амфибии в сочетании с весовыми характеристиками

Экспериментальные исследования проводились для проверки результатов расчетных работ и получения объективной картины взаимосвязи изучаемых параметров (рис. 1).

Объектом испытаний была модель амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем «Каспий-2М», изготовленная в масштабе 1:2 (длина – 1,5 м; ширина – 0,6 м; высота борта – 0,19 м). Испытания проводились на чистом льду при температуре окружающего воздуха  $t = +3^\circ\text{C}$  для двух форм носовой части амфибии.

Измерялись следующие параметры:

- положение центра тяжести модели;
- сила сопротивления троганию с места;
- сила сопротивления движению;
- сила сопротивления при выходе модели из воды на лед.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований по выявлению оптимальной формы продольного профиля по направлениям представлены на рис. 2 и 3.

Выбираем значение  $z = 3$ , размер  $b = 0,98 \text{ м}$ .

Результаты расчетов процесса выхода из воды на лед четырех вариантов амфибии приведены на рис. 4.

Результаты экспериментальных исследований (измерения параметров) представлены в сводных табл. 1 и 2.

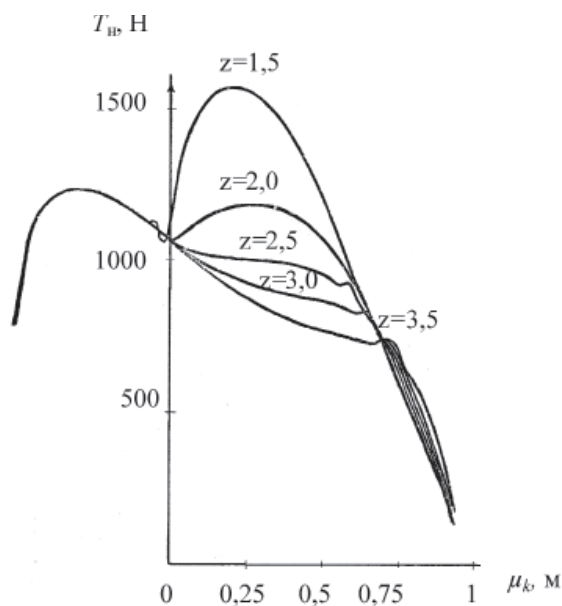


Рис. 2. Зависимости  $T_i = T_i(\mu_k)$  при различных значениях  $z$

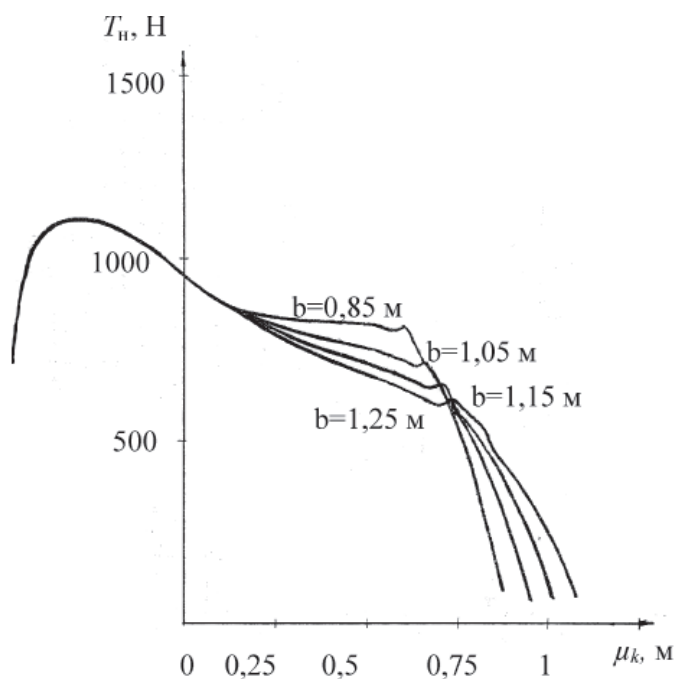


Рис. 3. Зависимости  $T_i = T_i(\mu_k)$  при различных значениях размера  $b$

Таблица 1

Положение центра тяжести модели $x_{c2}$ , м	0,37	0,47	0,57	0,77
Сила сопротивления троганию с места, Н	41,2	37,3	53,0	38,2
	47,1	34,3	45,1	46,1
	40,2	39,2	41,2	46,1
	51,0	48,0	35,3	31,4
Сила сопротивления движению, Н	11,8	18,6	15,7	21,6
	15,7	19,6	23,5	17,7
	17,7	14,7	19,6	19,6
	14,7	15,7	21,6	25,5

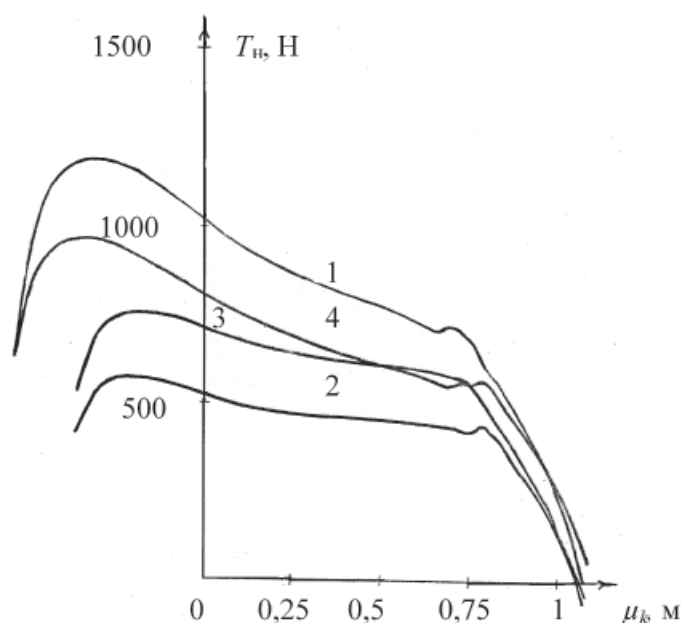


Рис. 4. Расчет вариантов 1–4 выхода амфибии из воды на лед

Таблица 2

Положение центра тяжести модели $x_c$ , м		0,54	0,67	0,74	0,80	0,86
Сила сопротивления при выходе модели из воды на лед, Н	Новая форма носовой части амфибии	49,0	58,8	51,0	63,7	70,6
		44,1	49,0	49,0	68,6	73,5
		53,9	53,9	58,8	68,6	70,6
		49,0	53,9	51,0	63,7	73,5
	Старая форма носовой части амфибии	53,9	58,8	68,6	78,4	83,4
		53,9	58,8	63,7	68,6	78,4
		53,9	53,9	68,6	73,5	73,5
		53,9	53,9	63,7	73,5	78,4

### Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. При новой форме носовой части модели амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем «Каспий-2М» сила сопротивления при выходе амфибии из воды на лед меньше, при этом оптимальная центровка лежит в пределах  $540 < x_c < 800$  мм, что соответствует на натурном образце  $1080 < x_c < 1600$  мм.

2. При движении модели по ровному льду влияние положения центра тяжести на силу сопротивления не выявлено.

На основании результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований была проведена модернизация амфибий «Каспий-2» и изготовлена опытная партия амфибий с улучшенными параметрами «Каспий-2М». Амфибии были переданы заказчику для промышленной эксплуатации. Эксплуатация этих машин на Северном Каспии значительно повысила производительность труда промышленников, сделала его менее опасным для жизни и более легким физически. Амфибии «Каспий-2М» были приняты к серийному производству и изготавливались на Астраханском судостроительном заводе.

**Список литературы**

1. Киркин С.Ф. К вопросу экологической безопасности транспортных машин, эксплуатируемых на слабых почвах // Материалы научной конференции ППС, докторантов, аспирантов, студентов МарГТУ по итогам НИР за 2007 г. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 63–65.
2. Киркин С.Ф. Опыт разработки и эксплуатации новых типов экологически безопасных внедорожных транспортных машин // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные разработки вузовской науки – Российской экономике» (Йошкар-Ола, 11–12 декабря 2008 г.) – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 49–45.
3. Киркин С.Ф., Иванов А.Г., Охотин Ю.В. Разработка и изготовление колесно-гусеничного вездехода-амфибии с комбинированной системой управления // «Наука в условиях современности». Сборник статей ППС, докторантов, аспирантов и студентов по итогам научно-технической конференции МарГТУ в 2010 г. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – С. 105–107.
4. Киркин С.Ф., Коротков П.А., Осипов В.И. Определение гироскопических моментов воздушного винта при движении амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем по пересеченной местности // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: [www.science-education.ru/116-12347](http://www.science-education.ru/116-12347) (дата обращения: 26.02.2015).
5. Соколов Г.М., Киркин С.Ф., Коротков П.А. Расчет и оптимизация рабочих параметров амфибийной транспортной машины с аэродинамическим движителем // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8183> (дата обращения: 22.01.2013).

**References**

1. Kirkin S.F. K voprosu jekologicheskoj bezopasnosti transportnyh mashin, jekspluatiruemyh na slabyh pochvah // Materialy nauchnoj konferencii PPS, doktorantov, aspirantov, studentov MarGTU po itogam NIR za 2007 g. Joshkar-Ola: MarGTU, 2008. pp. 63–65.
2. Kirkin S.F. Opyt razrabotki i jekspluatcii novyh tipov jekologicheski bezopasnyh vnedorozhnyh transportnyh mashin // Vserossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Innovacionnye razrabotki vuzovskoj nauki Rossijskoj jekonomike» (Joshkar-Ola, 11–12 dekabrja 2008 g.) Joshkar-Ola: MarGTU, 2008. pp. 49–45.
3. Kirkin S.F., Ivanov A.G., Ohotin Ju.V. Razrabotka i izgotovlenie kolesno-gusenichnogo vezdehoda-amfibii s kombinirovannoj sistemoj upravlenija // «Nauka v uslovijah sovremennosti». Sbornik statej PPS, doktorantov, aspirantov i studentov po itogam nauchno-tehnicheskoi konferencii MarGTU v 2010 g. Joshkar-Ola: MarGTU, 2010. pp. 105–107.
4. Kirkin S.F., Korotkov P.A., Osipov V.I. Opredelenie giroskopicheskikh momentov vozdušnogo vinta pri dvizhenii amfibijnoj transportnoj mashiny s ajerodinamicheskim dvizhitelem po peresechennoj mestnosti // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 2; URL: [www.science-education.ru/116-12347](http://www.science-education.ru/116-12347) (data obrashhenija: 26.02.2015).
5. Sokolov G.M., Kirkin S.F., Korotkov P.A. Raschet i optimizacija rabochih parametrov amfibijnoj transportnoj mashiny s ajerodinamicheskim dvizhitelem // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8183> (data obrashhenija: 22.01.2013).