

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629.3

EDN: LLNATD

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ С РОТОРНО-ВИНТОВЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

**А.А. Аникин**ORCID: 0000-0003-0368-4199 e-mail: [anikin.zvm@mail.ru](mailto:anikin.zvm@mail.ru)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***С.А. Карасева**ORCID: 0000-0002-1666-777X e-mail: [geliosveta@gmail.ru](mailto:geliosveta@gmail.ru)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***Ю.И. Молев**ORCID: 0000-0002-0429-4590 e-mail: [moleff@yandex.ru](mailto:moleff@yandex.ru)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***У.Ш. Вахидов**ORCID: 0000-0003-4109-8406 e-mail: [umar-vahidov@mail.ru](mailto:umar-vahidov@mail.ru)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***В.В. Беляков**ORCID: 0000-0003-0203-9403 e-mail: [belyakov@nntu.ru](mailto:belyakov@nntu.ru)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***В.С. Макаров**ORCID: 0000-0002-4423-5042 e-mail: [makv12010@gmail.com](mailto:makv12010@gmail.com)Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия*

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований транспортно-технологической платформы с роторно-винтовым движителем (ТТП с РВД). Представлены основные характеристики и внешний облик ТТП РВД ЗВМ 2902 производства ООО «Завод вездеходных машин», определены цель, задачи и основные параметры ее испытаний. Дано краткое описание применяемых приборов и оборудования, а также измеряемых величин. Испытания проведены на трех характерных участках с разными значениями влажности и прочностным свойствам илового осадка, а также на воде (мерные участки на иловых площадках длиной 20 м и длиной 50 м на воде). Получены значения скоростей движения ТТП с РВД от частоты вращения роторов. Построены графики изменения тяги на крюке ТТП с РВД в зависимости от влажности илового осадка при движении на различных передачах, а также от скорости вращения движителей на участках с различной влажностью ила и на воде, даны значения

расхода топлива. Анализ полученных результатов позволяет дать рекомендации по повышению производительности и проходимости амфибийной ТТП с РВД. Данная работа продолжает исследования Нижегородской научно-практической школы транспортного снеговедения.

**Ключевые слова:** проходимость, роторно-винтовой движитель, испытания, ил, вода, тяга на крюке, скорость, топливная экономичность.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Аникин, А.А. Экспериментальные исследования транспортно-технологической платформы с роторно-винтовым движителем / А.А. Аникин, С.А. Карасева, У.Ш. Вахидов, В.В. Беляков, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2024. № 1. С. 78-89. EDN: LLNATD

## EXPERIMENTAL STUDIES OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL PLATFORM WITH ROTARY-SCREW PROPULSOR

**A.A. Anikin**

ORCID: **0000-0003-0368-4199** e-mail: **anikin.zvm@mail.ru**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**S.A. Karaseva**

ORCID: **0000-0002-1666-777X** e-mail: **geliosveta@gmail.ru**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**Y.I. Molev**

ORCID: **0000-0002-0429-4590** e-mail: **moleff@yandex.ru**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**U.Sh. Vakhidov**

ORCID: **0000-0003-4109-8406** e-mail: **umar-vahidov@mail.ru**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**V.V. Belyakov**

ORCID: **0000-0003-0203-9403** e-mail: **belyakov@nntu.ru**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

**V.S. Makarov**

ORCID: **0000-0002-4423-5042** e-mail: **makv12010@gmail.com**  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev  
*Nizhny Novgorod, Russia*

The paper discusses the results of experimental studies of a technological platform with a rotary-screw propulsion unit. The main characteristics and external appearance of the research object TTP RVD ZVM 2902 produced by company JSC «Zavod vezdekhodnykh mashin» are presented. The purpose and objectives of testing an amphibious transport and technological platform with a rotary-screw propulsion unit (TTP with RSP) are given. The main parameters that need to be obtained when testing an amphibious TTP with a rotary-screw propulsion unit have been determined. A brief description of the instruments and equipment used for testing is given, and the measured quantities are shown. The tests were carried out in three characteristic areas with different humidity values and strength properties of the silt sediment, as well as on water. Tests were carried out on measuring sections 20 m long on silt pads and 50 m long on water. The results of tests of an amphibious TTP with a rotary-screw propulsor are presented. The values of the speed of movement of a TTP with a rotary-screw propulsor were obtained depending on the rotor speed. Diagrams of changes in drawbar

pull of a TTP with a rotary-screw propulsor were constructed depending on the moisture content of the sludge sediment when moving in various gears, as well as on the rotation speed of the propulsors in areas with different moisture content of the sludge and on water. Fuel consumption values are given. Analysis of the results obtained allows us to draw some conclusions and make recommendations aimed at increasing the performance and cross-country ability of an amphibious vehicle with a rotary-screw propulsion unit. This work was carried out as a continuation of research conducted at the Nizhny Novgorod Scientific and Practical School of Transport Snow Science.

**Key words:** crossability, rotary-screw propulsor, tests, silt, water, drawbar pull, speed, fuel efficiency.

**FOR CITATION:** Anikin A.A., S.A. Karaseva, Yu.I. Molev, U.Sh. Vakhidov, V.V. Belyakov, V.S. Makarov. Experimental studies of transportation and technological platform with rotary-screw propulsor. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2024. № 2. Pp. 78-89. EDN: LLNATD

## Введение

Данная работа продолжает исследования транспортно-технологических машин с роторно-винтовым двигателем [1-2], проводившиеся Нижегородской научно-практической школе транспортного снеговедения [3-6]. Большой вклад в разработку данных машин внесли ученые и исследователи из Отраслевой научно-исследовательской лаборатории вездеходных машин (ОНИЛ ВМ) и научно-исследовательской лаборатории по разработке льда, снега и мерзлого грунта (РАЛСЧЕМГ) при Горьковском политехническом институте (ныне Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева – НГТУ) [7, 8]. Их исследования продолжили А.Ф. Николаев, А.П. Куляшов, Ю.П. Адясов, В.Е. Колотилин, Л.С. Левшунов, В.Н. Худяков, В.А. Шапкин, Ю.И. Молев, У.Ш. Вахидов, В.В. Беляков, В.С. Макаров

Машины с роторно-винтовым двигателем (РВД) имеют ограниченную область применения, тем не менее, интерес к ним в последние годы возобновился. Так, в НГТУ им. Р.Е. Алексеева были проведены научно-исследовательские работы по исследованию вибраций и шума, создаваемыми данными машинами при движении [9-17], также изучались водоходные качества машин с РВД [18-21]. Большой комплекс работ был посвящен применению машин с РВД в качестве спасательных средств при эвакуации с нефтегазовых платформ, находящихся на арктическом шельфе [22-24]. Практическим результатом исследований стала разработка и создание двух образцов транспортно-технологических платформ с РВД (ТП с РВД) в НИЛ «Транспортных машин и транспортно-технологических комплексов» [25], ТП с РВД ЗВМ-2901 и ТП с РВД ЗВМ-2902. Серийно данные машины производятся в ООО «Завод Вездеходных Машин» [26].

В рамках данной статьи приведены результаты экспериментальных исследований и испытаний по определению основных динамических и эксплуатационных качеств транспортно-технологической платформы с роторно-винтовым двигателем ТП с РВД ЗВМ-2902.

Одна из задач ТП с РВД – механизированная обработка иловых площадок (перемешивания ила), что необходимо для станций аэрации в комплексе очистных сооружений. Однако практика эксплуатации иловых площадок показывает, что процесс обезвоживания иловых осадков в естественных условиях протекает неудовлетворительно. На площадках хорошо приживаются сорняки, которые быстро покрывают всю их поверхность, что вызывают заболачивание и замедляет процесс обезвоживания иловых осадков. В этих условиях особо важно ускорить процесс обезвоживания осадка в естественных условиях, для чего необходимо перемешивание ила. Однако специфические физико-механические свойства илообразных осадков, их низкая несущая способность и значительная глубина (до 3 м) исключают возможность применения для их обработки существующих гусеничных и колесных машин, а также средств с судовыми двигателями. Применение машины с РВД для обработки иловых площадок основано на том, что роторно-винтовые двигатели могут иметь большое водоизмещение, позволяющее обеспечивать допустимое погружение их в ил под весом машины. В этих условиях винтовые

лопасти движителей при вращении способны создать силу тяги, превышающую сопротивление движению машины. При взаимодействии лопасти с илом происходит перемешивание верхнего слоя ила на глубину погружения лопасти. При определенной конструкции движителей обработка площадок может проводиться без дополнительных навесных или прицепных орудий. Подход к применению машин с РВД для обработки иловых площадок очистных сооружений в нашей стране был разработан в ОНИЛ ВМ во второй половине прошлого века. Поэтому данный опыт был применен при проектировании ТП с РВД ЗВМ-2901 и ТП с РВД ЗВМ-2902. Испытания, проведенные для машины ТП с РВД ЗВМ-2902 имеют практическую ценность и определенное научное значение.

### Описание объекта испытаний

Непосредственный объект испытаний – амфибийная ТП с РВД ЗВМ-2902 (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид ТП с РВД ЗВМ-2902

Fig. 1. Appearance of TP with RSP ZVM-2902

Краткие технические характеристики ТП с РВД ЗВМ-2902 приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Краткая техническая характеристика ТП с РВД ЗВМ-2902

Table 1.

Brief technical characteristics of TP with RSP ZVM-2902

№ п/п	Параметр	Значение
1	Вес снаряженной машины, кг	4000
2	Габаритные размеры: длина/ ширина/ высота, мм	5500 / 2800 / 2800
3	Число движителей	4
4	Диаметр базового цилиндра движителей, мм	800
5	Диаметр по винтовым лопастям, мм	1000
6	Ход винтовой линии, м	1950
7	Число заходов лопастей движителей	3
8	Колея (расстояние между осями движителей), мм	1800
9	Дорожный просвет, мм	600
10	Максимальная мощность двигателя кВт (л.с.)	87,5 (119)
11	Максимальный крутящий момент двигателя, Нм	420
12	Максимальная теоретическая скорость на льду, км/час	25
13	Максимальная теоретическая скорость на плаву, км/час	10

### Цель и задачи испытаний амфибийной ТП с РВД

Цель испытаний амфибийной ТП с РВД – определение основных динамических и эксплуатационных качеств машины, использование полученных результатов для улучшения ее конструкции и повышения производительности, а также при создании новой, более совершенной машины.

В соответствии с целью были определены задачи испытаний по определению следующих параметров:

- скорость движения ТП с РВД без нагрузки на различных передачах в различных условиях;
- степень буксования движителей;
- максимальные тяговые усилия на различных передачах;
- расход топлива.

### Методика испытаний амфибийной технологической платформы с РВД

Методика испытаний ТП с РВД ЗВМ-2902 была разработана в НИЛ «ТМ и ТТК» НГТУ с использованием опыта ОНИЛ ВМ по проведению испытаний экспериментальных образцов вездеходных машин. В соответствии с методикой в ходе испытаний замерялись и регистрировались следующие основные параметры:

- путь, пройденный машиной;
- время движения на мерном участке;
- число оборотов движителей;
- крутящий момент на валу силовой передачи;
- сила тяги;
- расход топлива.

Для оценки среды, взаимодействующей с движителями, на участках испытаний производился отбор проб ила с последующим лабораторным анализом с применением полевой лаборатории Литвинова (ПЛЛ-9) и в соответствии с методиками [27].

### Приборы и оборудование для проведения испытаний

Перечень средств измерений и испытательного оборудования, необходимых для проведения испытаний ТП РВД ЗВМ, представлен в табл. 2.

**Таблица 2.**  
**Перечень средств измерений и испытательного оборудования,**  
**необходимых для проведения испытаний**

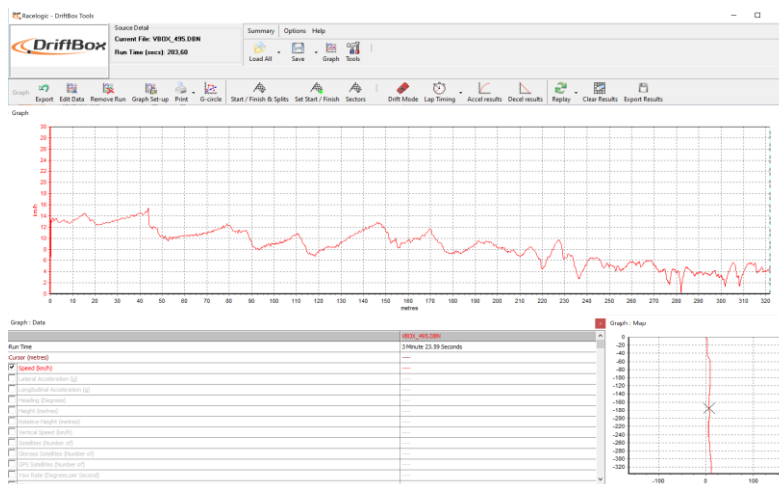
**Table 2.**  
**List of measuring instruments and test equipment required for testing**

Измеряемая величина	Ед. изм.	Средства измерения
Скорость движения	км/ч	RaceBox
Обороты двигателя	об/мин	RaceBox
Крутящий момент	Н/м	Тензовал
Тяговые усилия	Н	Динамометр ДОУ-3-100И
Расход топлива	л	Расходомер DFL3x

Для определения пройденного пути, скорости и времени движения использовался измерительный комплекс *Racebox* [28] (рис. 2). Устройство имеет современный навигационный модуль GPS/ГЛОНАСС, который обрабатывает данные о местоположении и скорости до 16 раз в секунду. Использование различных форм записи экспериментальных данных позволяет их анализировать в различных программах, пример приведен на рис. 2 б.



*a*



*b*

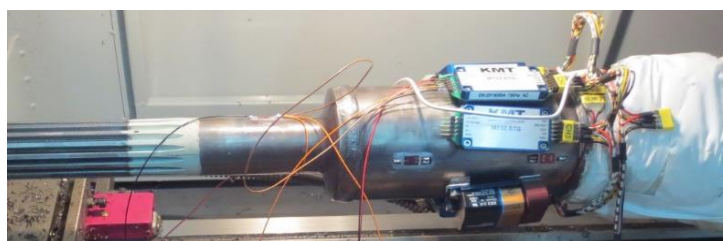
**Рис. 2. Измерительный комплекс Racebox:**

*a* – общий вид оборудования, *b* – интерфейс для анализа полученных данных

**Fig. 2. Racebox measuring complex:**

*a* – general view of the equipment, *b* – interface for analyzing the data received

Racebox оснащен беспроводным модулем Bluetooth 4.0 (BLE), позволяющим получать данные о работе машины от OBD-адаптеров, тем самым определяя число оборотов движителей машины. Для измерения крутящего момента на валу силовой передачи применялся тензовал, аналогичный приведенному на рис. 3. Его конструкция позволяет определять значения крутящего момента.



**Рис. 3. Тензовал**

**Fig. 3. Strain-gage shaft**



**Рис. 4. Электронный динамометр ДОУ-3-100И**

**Fig. 4. Electronic dynamometer DOU-3-100I**

Определение тяговых усилий было осуществлено при помощи датчика силы электронного динамометра ДОУ-3-100И, позволяющего производить запись полученных данных. Внешний вид датчика показан на рис. 4. При расчете расхода топлива применялся расходомер Corrsys-Datron DFL3x. Датчики системы DFL предназначены для замера расходования топлива в двигателях внутреннего сгорания. Внешний вид DFL3x показан на рис. 5.



Рис. 5. Расходомер DFL3x-5bar с процессором сигналов

Fig. 5. Flow meter DFL3x-5bar with signal processor

### Характеристика участков испытаний

Для испытания ТП с РВД с целью определения его основных тягово-динамических качеств были выбраны три типичных участка иловых площадок с различной влажностью и физико-механическими свойствами илового осадка, на которых условия движения ТП с РВД и тягово-динамические показатели были различными. Характеристика участков по усредненным значениям, влажности и прочностным свойствам илового осадка приведены в табл. 3.

Таблица 3.  
Усредненные значения влажности и сопротивления сдвигу илового осадка на участках испытаний

Table 3.  
Average values of humidity and shear strength of sludge at test sites

№ участка	Влажность осадка на глубине 0,5 м, %	Сопротивление сдвигу на глубине 0,5 м, кПа
1	66-68	3,5
2	75-77	0,5
3	82-83	0,2

Влажность илового осадка на участках определялась лабораторным анализом проб, взятых с глубины 0,5 м. Оценка прочностных свойств илового осадка на участках производилась по сопротивлениям сдвига илового осадка на глубине 0,5 м и в поверхностном слое колеи, полученным в результате пенетрацион-сдвиговых испытаний на исследуемых участках.

Длина мерных участков принималась равной 20 м на иловых площадках и 50 м на воде на основании анализа результатов контрольных заездов.

## Результаты испытаний амфибийной ТП с РВД

При измерении скорости ТП с РВД учитывалось движение машины по мерному участку. По полученным данным определялись значения времени движения, пройденного пути и скорости движения в каждый момент времени. Заезд считался состоявшимся в случае если разница абсолютных значений скоростей в каждый момент времени и средней путевой скорости не превышали 5 % от последней. Буксование машины определялось, как относительная потеря теоретической скорости, определяемой по частоте вращения двигателя.

Результаты замеров ТП с РВД на различных участках иловых площадок и воде представлены на рис. 6, где показаны значения скоростей движения ТП с РВД в зависимости от частоты вращения роторов:  $V_{\text{теор}}$  – скорость без учета буксования,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  – скорости на характерных участках с разной влажностью,  $V_4$  – скорость на воде. Тяговые усилия ТП с РВД также измерялись на мерных участках. Тяговая нагрузка создавалась при помощи лебедки грузового автомобиля. Величины тяговых усилий на крюке ТП с РВД, полученные при испытаниях на участках с различной влажностью и физико-механическими свойствами ила и на воде приведены на рис. 7-8. Движение ТП с РВД по воде соответствует влажности 100 %.

Графики для участка № 1 не показаны, так как экспериментально была получена только одна точка. Также при заездах был определен часовой расход топлива при испытаниях и определялся при помощи оборудования показанного на рис. 5. При испытаниях замеры расхода горючего проводились на мерных участках длиной 20 м на иловых площадках и длиной 50 м на воде. Результаты замеров расхода топлива при максимальных скоростях движения на различных передачах и на участках с различной влажностью илового осадка, а также при движении по воде, представлены в табл. 4.

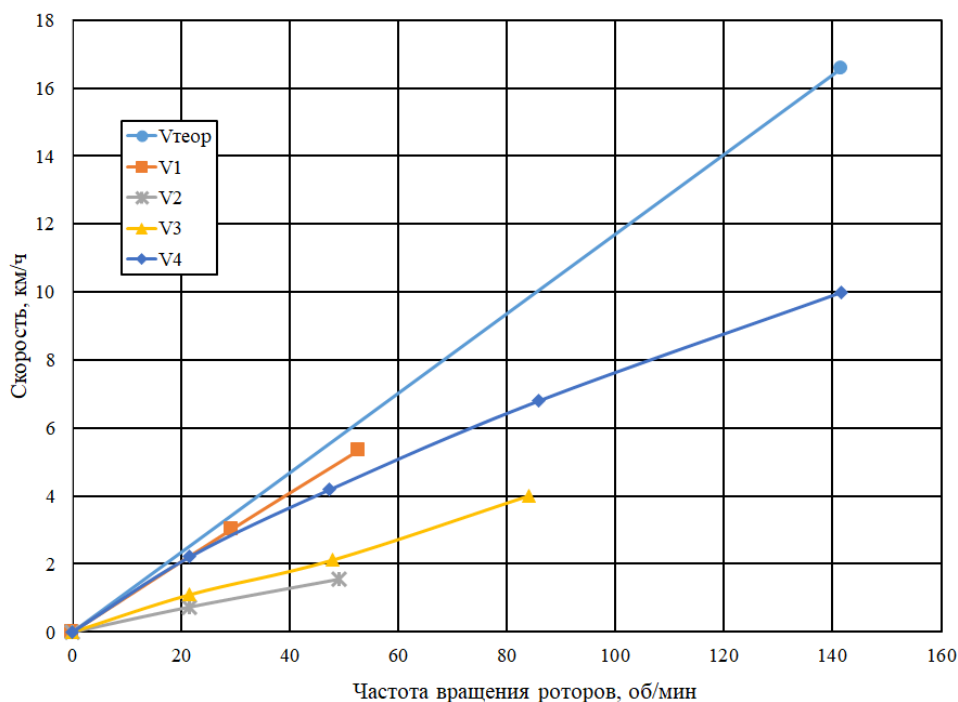
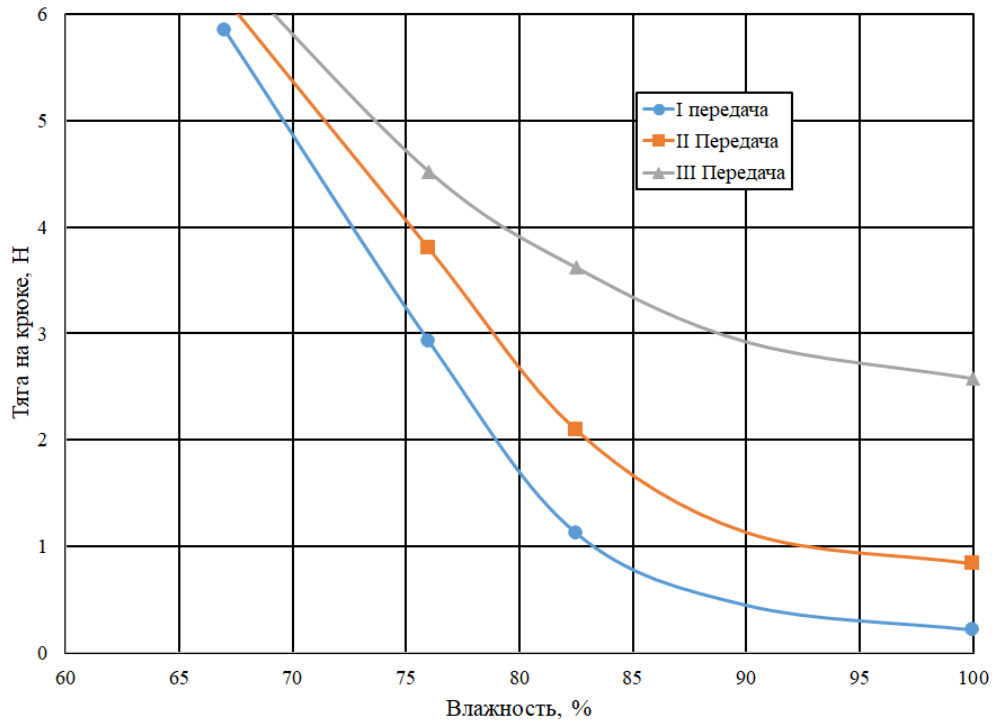


Рис. 6. Значения скоростей движения ТП с РВД в зависимости от частоты вращения роторов

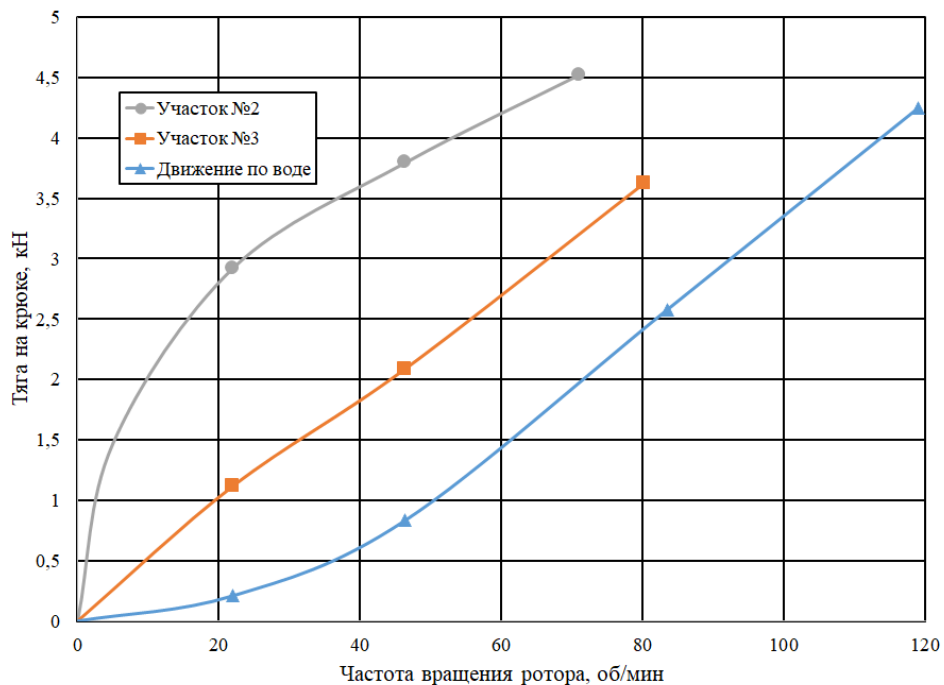
Fig. 6. Values of movement speeds of TP with RSP depending on the rotor speed





**Рис. 7. Графики изменения тяги на крюке ТП с РВД в зависимости от влажности илового осадка при движении на различных передачах**

**Fig. 7. Graphs of changes in drawbar pull of a TP with RSP depending on the moisture content of the silt sediment when driving in different gears**



**Рис. 8. Графики зависимостей тяги на крюке ТП с РВД от скорости вращения движителей на участках с различной влажностью ила и на воде**

**Fig. 8. Graphs of the dependence of the drawbar pull of a TP with RSP on the rotation speed of the propellers in areas with different moisture content of sludge and on water**

Таблица 4.  
Результаты топливно-экономических испытаний ТП с РВД

Table 4.  
Results of fuel-economic tests of TP with RSP

№ участка	Влажность, %	Передача в КПП	$V_{\max}$ , км/ч	$Q$ , л/час
1	66-68	1	3,02	36,9
		2	5,34	24,8
2	75-77	1	0,74	17,9
		2	1,56	31,3
3	82-83	1	1,1	17,4
		2	2,12	19,6
		3	4	33,9
4	Движение по воде	1	2,2	24,2
		2	4,2	22,3
		3	6,8	19,8
		4	10	29,1

### Результаты и выводы

Анализ результатов скоростных испытаний показывает, что наиболее сложные условия для работы амфибийной болотоходной роторно-винтовой машины возникают на участках с влажностью 75-77 %. Буксование движителей на них превышает 70 %, а скорость движения составляет около 1,5 км/час. С уменьшением влажности до 66-68 % значительно возрастают прочностные свойства илового осадка, уменьшается погружение движителей в ил, буксование уменьшается до 11-13 %, а максимальная скорость ТП с РВД возрастает до 5,4 км/час. С увеличением влажности осадка с 75-77 % до 82-83 % уменьшается сопротивление движению машины, уменьшается буксование до 56 %, а скорость возрастает до 4 км/час. При скоростных испытаниях на воде получены максимальные скорости ТП с РВД до 10 км/час. Также на воде машина имеет хорошую остойчивость и управляемость.

Результаты тяговых испытаний роторно-винтовой машины показывают, что тяга на крюке значительно зависит от скорости вращения движителей и максимальные ее значения достигаются на высших передачах. С уменьшением влажности илового осадка тяга на крюке ТП с РВД возрастает на каждой передаче. Максимальная тяга на крюке (5847 Н) получена на участках с влажностью илового осадка 66-68 %. Коэффициент сцепления в этом случае равен 0,15. Топливо-экономические испытания болотохода показали, что расход топлива резко уменьшается с увеличением рабочих скоростей.

Испытания показали надежную работу приборов и оборудования, позволивших получить качественные и количественные сведения, необходимые анализа. Анализ данных, полученных в ходе испытаний, позволяет дать рекомендации по повышению производительности и проходимости амфибийной ТП с РВД. Роторно-винтовая машина ТП РВД ЗВД 2901 показала хорошую работоспособность и достаточно высокую проходимость в тяжелых условиях эксплуатации на иловых площадках. Для уменьшения буксования на участках с высокой влажностью (более 70 %) и увеличения тяги на крюке рекомендуется увеличить высоту лопастей движителей.

### Библиографический список

1. Вездеходные транспортно-технологические машины. Основы теории движения: монография / под общ. ред. В.В. Беякова и А.П. Куляшова. – Н. Новгород: ТАЛАМ, 2004. – 961 с.

2. **Аникин, А.А.** Отраслевая научно-исследовательская лаборатория вездеходных (снегоходных машин). К 50-летию со дня основания (1962–2012 гг.). Монография / А.А. Аникин и др. Н. Новгород: НГТУ им Р.Е. Алексеева, 2012. – 272 с.
3. **Беляков, В.В.** Нижегородская научно-практическая школа транспортного снеговедения // Научно-практические школы Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. Юбилейное издание к 105-летию НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Часть 2. Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2022. С. 251-305.
4. **Козин, В.М.** Избранные задачи ледотехники. Средства и методы решения / В.М. Козин, В.Л. Земляк, А.А. Куркин, В.В. Беляков. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. – 772 с.
5. Нижегородская научная школа вездеходных машин, транспортно-технологических комплексов и специального оборудования / под общ. ред. В.В. Белякова и А.П. Куляшова. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2007. – 169 с.
6. **Антонец, В.А.** Школа С.В. Рукавишниковой. Развитие теории систем местность машина и опыт создания на ее основе гусеничных снегоболотоходных машин: монография / В.А. Антонец, Л.В. Барахтанов, В.В. Беляков, Н.Б. Веселов, А.М. Грошев. – Н. Новгород: НГТУ им Р.Е. Алексеева. 2017. – 297 с.
7. **Мокеров, Д.С.** Методика улучшения акустических характеристик работы роторно-винтовых движителей при движении по льду: дисс. ... кандидата технических наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2021. – 251 с.
8. **Мокеров, Д.С.** Наполнение базового цилиндра роторно-винтового движителя как перспективный путь снижения шумового излучения вездеходных машин / Д.С. Мокеров, У.Ш. Вахидов, С.Е. Манянин, Ю.И. Молев // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021. Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2021. С. 440-445.
9. **Vahidov, U.** Study of parameter influence of the basic cylinder of rotary screw propulsion units on noise level during locomotion on ice/ U. Vahidov et al.// 7th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems. VENITS 2021. – 2021. С. 714-719.
10. **Куклина, И.Г.** Математическая модель работы шнека специальных машин - длинного межопорного ротора / И.Г. Куклина, Е.Е. Демина, Д.С. Мокеров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. № 2 (133). С. 85-101.
11. **Куклина, И.Г.** Автоматизация исследований колебаний машины с движителями типа «шнек-ротор» / И.Г. Куклина И.Г., Д.С. Мокеров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. № 3 (134). С. 107-116.
12. **Мокеров, Д.С.** Методика улучшения акустических характеристик работы роторно-винтовых движителей при движении по льду // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. № 4 (135). С. 100-109.
13. **Vahidov, U.** Case study: regulation of noise produced by a rotary-screw propulsion unit in an all-terrain vehicle/ U. Vahidov et al. // 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems. 6. – 2020. С. 548-551.
14. **Вахидов, У.Ш.** Методика выбора рациональных параметров роторно-винтового движителя, обеспечивающих минимальный уровень шума при движении по льду / У.Ш. Вахидов, И.А. Ерасов, Д.С. Мокеров, Ю.И. Молев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 1 (128). С. 113-121.
15. **Lipin, A.** Ways of decreasing noise impact on operator by changing rotary-screw propulsion units natural frequency of vibration/ A. Lipin et al. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. С. 012040.
16. **Карасева, С.А.** Анализ гидродинамики взаимодействия структурных элементов полностью погруженных шнеков тандемной конструкции роторно-винтовых снегоболотоходов с водой / С.А. Карасева, А.В. Папунин, В.В. Беляков, В.С. Макаров, Д.Ю. Малахов, А.А. Ключошкин // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 2. Часть 1. С. 132-140.
17. **Karaseva, S.** Structural Analysis of Hydrodynamical Interaction of Full-Submerged Archimedes Screws of Rotary-Screw Propulsion Units of Snow and Swamp-Going Amphibious Vehicles with Water Area via Methods of Computer Simulation/ S. Karaseva, A. Papunin, V. Belyakov, V. Makarov, D. Malahov // Engineering Proceedings. 2023; 33(1):32. <https://doi.org/10.3390/engproc2023033032>
18. **Karaseva, S.** Comparative Structural Analysis of Hydrodynamic Interaction of Full-Submerged Tandem Archimedes Screws of Rotary-Screw Propulsion Units of Snow and Swamp-Going Amphibious Vehicles with the Water Area in Running and Mooring Modes/ S. Karaseva, A. Papunin; V. Belyakov; V. Makarov; D. Malahov, A. Klyushkin// Proceedings of the 9th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, pp. 386-393. DOI: 10.5220/0011992300003479

19. **Karaseva, S.** Analysis of Efficiency of Full-submerged Archimedes Screws of Rotary-screw Propulsion Units of Snow and Swamp-going Amphibious Vehicles / S. Karaseva, V. Belyakov; V. Makarov; D. Malahov // Proceedings of the 8th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, pp. 438-444. DOI: 10.5220/0011096700003191
20. **Кошурина, А.А.** Новое поколение вездеходных транспортных средств для работ на арктическом шельфе / А.А. Кошурина, А.Н. Блохин, М.С. Крашенинников, Р.А. Дорофеев // Региональная энергетика и энергосбережение. 2017. № 1. С. 44.
21. **Крашенинников, М.С.** Универсальное коллективное спасательное средство с роторно-винтовым двигателем / М.С. Крашенинников, А.А. Кошурина, А.В. Шмелев // Актуальные вопросы машиноведения. 2013. Т. 2. С. 77-80.
22. **Крашенинников, М.С.** Создание универсального спасательного средства с роторно-винтовым двигателем / М.С. Крашенинников, А.А. Кошурина // Безопасность транспортных средств в эксплуатации. Сборник материалов 79-й международной научно-технической конференции. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012. С. 147-152.
23. НИЛ «Транспортных машин и транспортно-технологических комплексов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://its.nntu.ru/sciense/nil-transportnykh-mashin-i-transportno-tehnologicheskikh-kompleksov-nil-tm-ttk> (дата обращения: 20.12.2023).
24. ООО «Завод Вездеходных Машин» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zvm-nn.ru/> (дата обращения: 20.12.2023)
25. Инструкция по исследованию строительных свойств грунтов полевой лабораторией системы И.М. Литвинова ПЛЛ-9 / СССР. М-во приборостроения, средств автоматизации и систем управления. Завод маркшейдерских инструментов. – Харьков: Прапор, 1968. – 60 с.
26. Racebox [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://racebox.ru/> (дата обращения: 20.12.2023).

*Дата поступления  
в редакцию: 30.01.2024*

*Дата принятия  
к публикации: 28.02.2024*