

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Нижегородского государственного  
технического университета  
имени Р.Е. Алексеева,  
д.т.н., доцент

 / Бабанов Н. Ю. /  
« \_\_\_\_\_ » 2017 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.  
Алексеева»

Диссертация «Разработка методики расчета и выбор параметров роторно-винтового движителя для повышения проходимости машин по снегу» выполнена на кафедре «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Крашенинников Максим Сергеевич в 2011 году получил высшее образование в указанном университете с присуждением квалификации инженер по специальности «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие». С 2011 по 2014 гг. проходил обучение в аспирантуре ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», с 2011 г. по настоящее время работает в нем в должности научного сотрудника в научно-образовательном центре «Транспорт».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017 г. в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Научный руководитель – Вахидов Умар Шахидович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Диссертационная работа Крашенинникова М.С. доложена и обсуждена на совместном заседании кафедр «Строительные и дорожные машины» и «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» 5 декабря 2017 года.

### Актуальность темы

Одним из специфичных видов вездеходной техники являются роторно-винтовые машины, характеризующиеся низким давлением на опорное основание, способностью двигаться по различным слабонесущим опорным

основаниям, высокой силой тяги и способностью выходить из полыньи на лед или необорудованный берег. Данные особенности определили рациональные области применения роторно-винтовых машин: 1) проведение технологических работ при прокладке нефте- и газопроводов на мелководье, слабой опорной поверхности или труднопроходимой местности; 2) подготовка аэродромных взлетно-посадочных полос на ледовых поверхностях; 3) разгрузка и погрузка морских контейнеров в районах Крайнего Севера в условиях отсутствия порта или оборудованного берега; 4) разработка льда, снега и мерзлого грунта для широкого круга транспортно-технологических задач.

На показатели проходимости существенное влияние оказывают конструктивные особенности самой машины, а также параметры движителя, которые подбираются с учетом свойств опорного основания. Создание роторно-винтовой машины с необходимым уровнем проходимости требует использования соответствующих методик по выбору рациональных параметров движителя, разработка которых является важной и актуальной научно-исследовательской задачей.

### **Научная новизна и результаты, полученные лично автором диссертационной работы**

Научная новизна и результаты, полученные лично автором диссертационной работы, заключаются в следующем:

1. Разработана методика выбора параметров роторно-винтового движителя, отличающаяся возможностью определения рационального сочетания 21 геометрического параметра движителя, повышающего проходимость роторно-винтовой машины при движении по снегу.

2. Разработана комплексная математическая модель поверхности роторно-винтового движителя, отличающаяся учетом геометрических параметров винтовых лопастей на всех участках движителя и позволяющая уточнить значения сил сопротивления движению и силы тяги. Математическая модель описывает роторно-винтовой движитель как совокупность 18 поверхностей, каждая из которых определяется через систему параметрических уравнений.

3. Уточнена модель погружения роторно-винтового движителя в снег, учитывающая силу трения материала движителя о снег.

4. Установлено количественное и качественное влияние конструктивных параметров роторно-винтового движителя на показатели опорной проходимости машины при движении по снегу.

### **Теоретическая значимость работы**

Разработанная методика расчета позволяет численными методами определить силы тяги и сопротивления, развиваемые роторно-винтовым движителем при движении по снегу. Учет в математической модели всех основных конструктивных элементов движителя позволяет оценить их вклад в

величины сил взаимодействия с опорной поверхностью движения, и указать пути повышения проходимости роторно-винтовых машин по снегу.

### **Практическая значимость работы**

Практическая значимость работы заключается в разработке методики, позволяющей определять рациональные геометрические характеристики роторно-винтового движителя, которые обеспечивают повышение проходимости роторно-винтовых машин по снегу.

Программная реализация разработанной методики позволила на раннем этапе проектирования экспериментального образца роторно-винтовой машины расчетным путем определить влияние основных и второстепенных геометрических параметров движителя на запас силы тяги с целью повышения его величины.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность результатов подтверждается точностью и корректностью математического аппарата для описания поверхности роторно-винтового движителя; использованием апробированных моделей физико-механических характеристик снега; согласованием результатов расчетов с результатами других исследователей, а также экспериментальных исследований, полученных с использованием современного измерительного оборудования.

На основании проведенных экспериментов установлено, что расхождение результатов расчетов и экспериментальных данных для осадки штампов роторно-винтового движителя не превышает 13%, для осадки роторно-винтовых движителей экспериментального образца – 13%, для силы тяги экспериментального образца – 17%. Этим подтверждается достоверность основных теоретических положений, принятых допущений и гипотез при составлении математических моделей.

### **Реализация результатов работы**

Теоретические разработки, методики расчетов, комплекс программ и практические рекомендации используются при создании новых образцов транспортных и технологических машин с роторно-винтовым движителем в Научно-образовательном центре «Транспорт» НГТУ, ООО «Инжиниринговый центр «Крона», ООО «Нижпромпласт», ГНЦ РФ «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» и в учебном процессе на кафедре «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

## **Апробация работы**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Всероссийской молодежной научно-технической конференции «АВТО-НН-2009» (НГТУ, г. Н. Новгород, 2009 г.); XVI Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ–2010 (НГТУ, г. Н. Новгород, 2010 г.); 69-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) «Какой автомобиль нужен России?» (СибАДИ, г. Омск, 2010 г.); Международной конференции по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ «RAO/CIS Offshore» (СПб., 2011–2017гг.); V Белорусском конгрессе по теоретической и прикладной механике «Механика–2011» (Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, 2011 г.); 3-й международной научно-практической конференции «Oil & Gas Horizons 2011» (РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, 2011 г.); III Международной научно-технической конференции «Проблемы транспортных и технологических комплексов» (г. Н. Новгород, 2012 г.); 34-м Международном Автомобильном Конгрессе «FISITA 2012» (Пекин, 2012 г.); 79-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) «Безопасность транспортных средств в эксплуатации» (НГТУ, г. Н. Новгород, 2012 г.); 87-й Международной научно-технической конференции «Эксплуатационная безопасность автотранспортных средств» (г. Н. Новгород, 2014 г.); 25-м Международном симпозиуме по интеллектуальному производству и автоматизации ДАААМ (Вена, 2014 г.); Всероссийской конференции с международным участием «Комплексные научные исследования и сотрудничество в Арктике: взаимодействие вузов с академическими и отраслевыми научными организациями» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САФУ), г. Архангельск, 2015 г.); VII Белорусском конгрессе по теоретической и прикладной механике «Механика–2016» (Объединенный Институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, 2016 г.); научном семинаре кафедры «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» (СМ-9) (МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 2016 г.).

## **Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертация соответствует специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

## **Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах**

Основные результаты по теме диссертационной работы отражены в 29 научных работах, в числе которых: 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации научных результатов кандидатских диссертаций; 5 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus; 2 патента РФ на изобретения; 3

патента РФ на полезную модель; 4 свидетельства на программы для ЭВМ; 3 статьи в других изданиях.

### Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации научных результатов кандидатских диссертаций

1. Техника для изоляции нефтегазопроводов / А.П. Куляшов, В.А. Шапкин, А.А. Кошурина, **М.С. Крашенинников** // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (50). – С. 11 – 17.
2. Универсальное спасательное средство с роторно-винтовым двигателем / А.П. Куляшов, В.А. Шапкин, А.А. Кошурина, **М.С. Крашенинников** // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2011. – № 4 (52). – С. 45 – 50.
3. Масштабированная визуализация виброзащиты рабочих процессов длинных винтовых роторов / А.А. Кошурина, И.Г. Куклина, **М.С. Крашенинников** // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 2. – С. 29 – 36.
4. Масштабированная визуализация виброзащиты рабочих процессов длинных винтовых роторов (окончание) / А.А. Кошурина, И.Г. Куклина, **М.С. Крашенинников** // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 3. – С. 24 – 27.
5. **Крашенинников М.С.** Математическая модель роторно-винтового двигателя // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Т. 8, № 4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/50TVN416.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
6. Влияние конструктивных параметров двигателя на силу тяги роторно-винтовых машин / **М.С. Крашенинников**, Л.В. Барахтанов, А.А. Кошурина, Р.А. Дорофеев // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Т. 9, № 4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
7. Расчет погружения роторно-винтового двигателя в снег / **М.С. Крашенинников**, Л.В. Барахтанов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Т. 9, № 5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/14TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

### Статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus

8. Kinematic Simulation of a universal rescue vehicle / I.A. Vasiliev, E.Y. Smirnova, **M.S. Krasheninnikov**, A.A. Koshurina, R.A. Dorofeev, V.E. Gai // (2017) Journal of Physics: Conference Series, 803 (1), paper № 012172. DOI: 10.1088/1742-6596/803/1/012172.
9. The strain-stress state of the rotor during entrance of the rotor-screw vehicle from water to ice / A. Koshurina, A. Blokhin, **M. Krasheninnikov**, R. Dorofeev // (2016) ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 11 (9), pp. 5603–5607.

10. Strength Calculation and Analysis of Equalizer Beam Embodiments for the Operated Equalizing Beam Suspension of the Universal Rotor-screw Rescue Vehicle for the Arctic / A.A. Koshurina, **M.S. Krasheninnikov**, R.A. Dorofeev // (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 1263 – 1269. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.246.
11. The concept and methodology of creating the universal life-saver with rotary-screw mover / A.P. Kuliashov, V.A. Shapkin, A.A. Koshurina, **M.S. Krasheninnikov** // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2013. – Т. 195 LNEE. – № Vol. 7 «Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress». – С. 477 – 490.
12. The analytical review of the condition of heavy class military and dual-purpose unmanned ground vehicle / A. Blokhin, A. Koshurina, **M. Krasheninnikov**, R. Dorofeev // (2015) MATEC Web of Conferences, 26, paper № 04002. DOI: 10.1051/mateconf/20152604002.

### Патенты РФ

13. Патент на полезную модель RU 106149 U1 МПК В08В 9/00 (2006.01). Машина для очистки наружной поверхности трубопроводов / Куляшов А.П., Шапкин В.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.** № 2010154242/05; заявл. 29.12.2010; опубл.: 10.07.2011.
14. Патент на полезную модель RU 130553 U1 МПК В60F 3/00 (2006.01). Амфибийное транспортное средство / Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Куляшов А.П., Шапкин В.А. № 2012155383/11; заявл. 19.12.2012; опубл.: 27.07.2013.
15. Патент на полезную модель RU 156990 U1 МПК В60F 3/00 (2006.01). Транспортное средство с возможностью изменения положения роторно-винтового движителя / **Крашенинников М.С.**, Сучков А.Ю., Дорофеев Р.А., Кошурина А.А. № 2015136888/11; заявл. 31.08.2015; опубл.: 20.11.2015.
16. Патент на изобретение RU 2578709 С1 МПК В60F 3/00 (2006.01) В62D 57/036 (2006.01) В60V 1/14 (2006.01). Многофункциональное транспортное средство / Дорофеев Р.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Кузин В.В., Кулагин А.Л., Сучков А.Ю. № 2014147592/11; заявл. 25.11.2014; опубл.: 27.03.2016.
17. Патент на изобретение RU 2578829 С1 МПК В60F 3/00 (2006.01) В60V 1/14 (2006.01) В62D 57/036 (2006.01). Транспортное средство / Дорофеев Р.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Кузин В.В., Кулагин А.Л., Сучков А.Ю. № 2014147523/11; заявл. 25.11.2014; опубл.: 27.03.2016.

### Свидетельства на программы для ЭВМ

18. Программа для ЭВМ (свидетельство) RU 2015662333. Программный комплекс для математического моделирования бортовых систем управления роботами / Смирнова Е.Ю., Васильев И.А., Кошурина А.А.,

**Крашенинников М.С.**, Мартынюк М.В., Кадиленко Е.С.; номер и дата поступления заявки: 2015618236 09.09.2015; дата регистрации: 20.11.2015; дата публикации: 20.12.2015.

19. Программа для ЭВМ (свидетельство) RU 2015662332. Программный комплекс для математического моделирования роботов–членов группировки / Смирнова Е.Ю., Васильев И.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Мартынюк М.В., Кадиленко Е.С.; номер и дата поступления заявки: 2015618233 09.09.2015; дата регистрации: 20.11.2015; дата публикации: 20.12.2015.
20. Программа для ЭВМ (свидетельство) RU 2015661210. Программно-математическая модель пульта управления группировкой / Смирнова Е.Ю., Васильев И.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Мартынюк М.В., Кадиленко Е.С.; номер и дата поступления заявки: 2015618237 09.09.2015; дата регистрации: 21.10.2015; дата публикации: 20.11.2015.
21. Программа для ЭВМ (свидетельство) RU 2015661210. Программно-математическая модель пульта управления группировкой / Смирнова Е.Ю., Васильев И.А., Кошурина А.А., **Крашенинников М.С.**, Мартынюк М.В., Кадиленко Е.С.; номер и дата поступления заявки: 2015618237 09.09.2015; дата регистрации: 21.10.2015; дата публикации: 20.11.2015.

#### Публикации в прочих изданиях

22. Спасательное средство с роторно-винтовым движителем / А.П. Куляшов, В.А. Шапкин, А.А. Кошурина, **М.С. Крашенинников** // Сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике «Механика-2011»: в 2 т. / Объединен. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск, 2011. – Т. I. – 300 с. – С. 154 – 161.
23. Концепция и методика создания универсального коллективного спасательного средства с роторно-винтовым движителем / В.А. Шапкин, А.А. Кошурина, **М.С. Крашенинников** // Сб. тр. 11-й Междунар. конф. по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ «RAO/CIS Offshore-2013». – СПб., 2013. – С. 445 – 450.
24. Универсальное коллективное спасательное средство с роторно-винтовым движителем / А.А. Кошурина, А.В. Шмелёв, **М.С. Крашенинников** // Сб. науч. тр. «Актуальные вопросы машиноведения» / Объединен. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2013. – Вып. 2. – С. 77 – 80.

Диссертационная работа «Разработка методики расчета и выбор параметров роторно-винтового движителя для повышения проходимости машин по снегу» Крашенинникова Максима Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины», так как является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные

технические разработки, имеющие существенное значение для автомобильной отрасли. Работа отвечает всем требованиям, п. 9-10 постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 о порядке присуждения ученых степеней.

Заключение принято на совместном заседании кафедр «Строительные и дорожные машины» и «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Присутствовало на заседании 32 чел. Результаты голосования: «за» – 32 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 3 от 5 декабря 2017 г.

Орлов Лев Николаевич,  
д.т.н., профессор  
заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы»



Молев Юрий Игоревич,  
д.т.н., профессор кафедры  
«Строительные и дорожные машины»



Захарова Дарья Дмитриевна, секретарь  
кафедры «Строительные и дорожные машины»

