

# **Конференция «Юные техники и изобретатели»**

**Направление: «Инженерные науки»**

**Тема работы:**

**«Транспортное средство для Севера на основе  
торидальных технологий»**

**Автор:** Яроцкий Сергей Антонович,  
МБОУ г. Мурманска лицей № 4,  
11 класс

**Научный руководитель:**

Машков Константин Юрьевич, к.т.н.,  
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Научный консультант:** Гаврюшин  
Сергей Сергеевич, д.т.н., профессор,  
зав. кафедрой РК 9 МГТУ им. Н.Э.  
Баумана

**Консультант:** Федулеев А.А.,  
программист, педагог  
дополнительного образования  
ГАОУМОДОД «МОЦДОД  
«Лапландия»

Москва  
2014

## Содержание

	стр.
Введение .....	3
Глава I. Эволюция тороидальных двигателей транспортных средств...	5
Глава II. Торковые технологии.....	7
2.1. Виды и особенности машин, основанных на тороидальном движении.....	7
2.2. Эластичные механизмы и их достоинства.....	8
2.3. Применение торковых технологий.....	9
2.4. Трудности создания тороидальных машин.....	10
Глава III. Практическое проектирование и исследование модели транспортного средства для Севера на основе тороидальных технологий.....	12
3.1. Создание действующей модели.....	12
3.2. Перспективы продолжения исследования.....	12
Заключение.....	14
Список литературы.....	15
Приложение .....	16

## Введение

### Актуальность исследования

Тенденции современного развития техники направлены на увеличение удельных нагрузок, снижение габаритных и весовых характеристик, расширение функциональных возможностей, повышение надежности выпускаемой продукции на базе новых информационных технологий. Благодаря созданию высокомодульных высокопрочных волоконных материалов оказались возможными новые подходы к решению актуальных вопросов инженерного проектирования. Использование свойств такого доступного строительного материала как воздух и вода, открыли доступ к созданию перспективных проектов на стыке наук: физики, химии, механики, кибернетики. Таким проектом явились предварительно напряженные мягкие оболочечные конструкции<sup>1</sup>.

Такие конструкции могут эксплуатироваться при длительных и кратковременных внешних воздействиях; в статических, квазистатических и динамических режимах нагружения; в условиях сосредоточенной и распределенной, асимметричной и несоосно приложенной внешней сжимающей нагрузки<sup>2</sup>.

Мягкие оболочки – это и биологические и химически стойкие защитные устройства (чехлы, ограждения, упаковка) и торовые целевые механизмы с максимальным числом степеней свободы перемещения (конические, цилиндрические, тороидные движители) и двухступенчатые мягкие силовые приводы и эластичные механизмы (подъемники, пневмоподвески, элементы робототехники) и т.д.

С точки зрения ряда ученых, современные электронные, информационные и энергетические технологии подошли к физическим пределам своего развития, поскольку:

- дальнейшее уменьшение размеров их компонентов не может быть меньше одного атомного слоя;
- скорость движения информационных потоков внутри них не может превышать скорость света;
- использование углеводородного или атомного топлива в качестве источников энергии может стать началом исчезновения жизни на Земле и последующей ее гибели;
- преобразование энергии солнца, атмосферы, гидросферы и космоса «остановилось» на 2-х процентах от общего количества потребления энергии человечеством. Причина – отсутствие у человечества знаний для более эффективного преобразования этой неисчерпаемой энергии<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Шихирин В.Н., Ионова В.Ф., Шальнев О.В., Котляренко В.И. Эластичные механизмы и конструкции: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. - 286с.

<sup>2</sup> Бондаренко М.А. Основные проблемы современных технологий и один из путей их решения. Иркутск, 2008.

<sup>3</sup> Шихирин В.Н. Торовые технологии – основа эластичной механики: материалы I-й Междунар. науч.-практ. конф. «Торовые технологии». Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. - 48с.

Возможным выходом в связи с этими проблемами может стать использование торовых технологий и эластичной механики, основанных на стабильном виде движения в природе – тороидальном движении.

На основе тороидального движения функционируют многие природные конструкции – природные эластичные машины и механизмы. При этом генератором-носителем тороидального движения является герметичная тонкая эластичная/мягкая тороидальная оболочка, заполненная рабочей/текучей средой под избыточным (газ) или нормальным (жидкость) давлением - **эластичный тороид**.

Природный эластичный тороид способен генерировать (строить) и объединять механическую, электронную, информационную и энергетическую составляющие в физически единую интеллектуальную эластичную систему, которая формируется в структуре «материала» его оболочки и текучей/рабочей среде, находящейся внутри этой оболочки.

**Объект исследования:** тороидальные технологии и их особенности.

**Предмет исследования:** тороидальные движители транспортных средств.

**Целью исследования** является разработка модели транспортного средства для Севера на основе тороидальных технологий, установление его ходовых качеств и целесообразности применения.

Преимуществом использования подобного транспортного средства на Севере может стать его высокая экологичность, а также хорошая проходимость, учитывая климатические и географические особенности Северных регионов (свободное перемещение устройства по снежному покрову, лежащему в течение длительного времени в осенний, зимний и весенний периоды, по болотам в летний период).

**Задачи исследования:**

1. Изучить литературу по теме исследования.
2. Изготовить модель транспортного средства для Севера на основе тороидальных технологий.
3. Провести серию экспериментов по испытанию ходовых качеств модели.
4. Описать сильные и слабые стороны действующей модели.

**Методы исследования:**

1. Изучение литературы по данному направлению.
2. Сравнительный анализ.
3. Моделирование.
4. Экспериментальный метод.

## **Глава I. Эволюция тороидальных движителей транспортных средств**

Шихирин В.Н. описывает эволюцию тороидальных движителей транспортных средств, начиная с 1963 года, следующим образом<sup>4</sup>:

1963 год (США): первое изобретение, где технический выворачивающийся эластичный тороид был основным элементом транспортного средства.

1972 год (СССР): Р.З.Кожевников - русский изобретатель сконструировал торовый движитель транспортного средства и подтвердил его работоспособность действующими моделями.

1972 год (США): В.Е. Поп зарегистрировал в патентном агентстве тороидальный движитель транспортного средства.

С 1977 по 1996 годы (СССР, Россия): изобретены тороидальные движители, способные передвигаться как в продольном, так и в поперечном направлении, а также с возможностью передвигаться по воде и с улучшенной функцией поворота соответственно. Российской фирмой «Градерика, Лтд», Зеленоград, Москва (президент, к.т.н Шихирин В.Н.; вице-президент, д.т.н., профессор Коробов А.И.), были проведены комплексные научно-исследовательские работы по изучению особенностей тороидальных машин.

1993 - 1996 год (Россия): разработка тороидальных движителей транспортных систем и средств их технического обеспечения.

Исследования возможности применения торовых технологий в автомобильной технике и средствах ее автотехнического обеспечения, разработка транспортных технологий для перевозки крупногабаритных и сверх тяжелых грузов (до и более 1500 тонн) по пересеченной местности, по слабо несущим грунтам в условиях экстремальной экологии, а также технических средств для их погрузки и разгрузки, разработка насосно-компрессорных систем, разработка транспортных технологий (трубопроводный и монорельсовый) для перемещения кассет с пластинами кремния и реактивных жидкостей в цеховом и межцеховом пространстве, разработка элементов кластерного оборудования (движители) – вакуумный затвор, разделитель сред, герметичный ввод для загрузки-выгрузки, механизм вертикального перемещения кассет, грейферный вакуумный конвейер, вакуумные и форвакуумные поршневые насосы.

1999 год (Россия): исследование движителей транспортных средств на основе торовых технологий и их сравнение с традиционными движителями. Совместная работа с кафедрой «Автомобили и двигатели» Московского Автомобилестроительного института.

2001 год (Россия, Шихирин В.Н.): для придания материалу оболочки выворачивающегося эластичного тороида интеллектуальных свойств, например, формирование «ощупывающей» функции в структуре материала

---

<sup>4</sup> Шихирин В.Н. Перспективы развития торовых технологий, эластичной механики. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2005. - С. 3-41.

оболочки тороидального движителя Шихириным В.Н. было предложено новое направление в науке и технике - «Эластичная механика».

2002 год (США, “*Elastoneering, Inc*”): были проведены первые исследования и разработки машин и механизмов, в частности, движителей, имеющих в качестве основного конструктивного элемента многокомпонентные (многополостные, многокамерные) выворачивающиеся/наволакивающиеся эластичные тороиды. Были изготовлены и испытаны действующие модели этих машин, получивших название “*Self Systems*”.

2004 год (США, “*Elastoneering, Inc*”): с целью предупреждения преждевременного разрушения материала оболочки - трение при активном складкообразовании на торцах эластичного тороида при его поступательном перемещении выворачиванием или наволакиванием - найдены закономерности складкообразования, получены технические решения управления этими процессами, изготовлены действующие модели и проведены испытания.

2005 год (США, “*Elastoneering, Inc*”): получены важные результаты исследований - абсолютная идентичность механики создаваемых в настоящее время торовых/эластичных машин и действующих природных вихревых явлений на основе тороидального движения, например, смерча.

**Эластичная механика** - Elastic engineering (ELASTONEERING™) или, более строго, - механика и электроника эластичных систем, природным аналогом которой является, например, процесс перистальтики, включающий в себя координированную, с высоким коэффициентом полезного действия работу различных мышц пищеварительного тракта живого организма. Это новый раздел механики, на базе которого в ближайшие десятилетия будут появляться различные эластичные машины и механизмы, не имеющие аналогов и обладающие новыми функциональными свойствами<sup>5</sup>.

#### **Особенности эластичной механики**

- механическая и электронная системы машины или механизма сформированы в виде единой физической структуры, которая выполняет взаимно согласованные функции;
- основой эластичной механики являются торовые технологии (TORTECH®), базирующиеся на выворачивающихся эластичных торообразных оболочках, заполненных сжатой текучей средой, и взаимодействующих с центральным, внешним и внутренним периферийными телами различных форм и материалов, в том числе «интеллектуальных»;
- механизмы преобразования энергии в движение, передачи движений, преобразований движений в другие виды и т.п. представляют однозвенный механизм вместо многозвенного в традиционной механике, выполняющий те же функции;

---

<sup>5</sup> Шихирин В.Н. Торовые технологии – основа эластичной механики: материалы I-й Междунар. науч.-практ. конф. «Торовые технологии». Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. 48 с.

- электронная система механизма сформирована в структуре эластичного материала оболочки («живой слой») - эластичная интегральная и/или функциональная электроника - на базе технологических процессов производства изделий микроэлектроники, швейной, резинотехнической и других промышленности;
- машина или механизм имеют функции самодиагностирования и регенерации и т.п.

## **Глава II. Торовые технологии**

### **2.1. Виды и особенности машин, основанных на тороидальном движении**

Торовые технологии достаточно широко применяются во многих сферах деятельности человека, включая промышленность и строительство. В качестве движителей транспортных средств цилиндрический тороид, представляющий собой тонкостенную рукавную оболочку, был предложен в середине прошлого века. Имеется ввиду тороидальный движитель, перемещающийся по опорной поверхности путем выворачивания вырожденного (цилиндрического) тора вдоль его продольной оси, а не традиционный пневмоколесный движитель в виде классического тора колеса, перемещающийся путем вращения вокруг своей поперечной оси. За прошедшие годы было выдано несколько патентов, как на сами тороидальные движители, так и на транспортные средства на этих движителях.

Торовые технологии – машины и механизмы, механика которых основана на тороидальном движении. На основе тороидального движения построены и функционируют многие природные конструкции – природные эластичные машины и механизмы. При этом генератором-носителем тороидального движения является герметичная тонкая эластичная/мягкая тороидальная оболочка, заполненная рабочей/текучей средой под избыточным (газ) или нормальным (жидкость) давлением – эластичный тороид.

Природный эластичный тороид способен генерировать (строить) и объединять механическую, электронную, информационную и энергетическую составляющие в физически единую интеллектуальную эластичную систему, которая формируется в структуре «материала» его оболочки и текучей или рабочей среде, находящейся внутри этой оболочки.

Итак, под воздействием внешних или внутренних сил эластичный тороид имеет следующие функциональные особенности:

- перемещается путем выворачивания или наволакивания по жесткой, эластичной и любой другой опорной поверхности, «омывая» ее деформированные участки и инородные включения, при этом самоуплотняется в замкнутой, охватывающей его периферию, поверхности (*сам себя находит*);

- обеспечивает широко регулируемую площадь контакта и небольшие удельные давления на опорную поверхность с низким давлением текучей среды в своей оболочке;
- создает тяговые усилия и ударный эффект;
- преобразовывает виды движения, например, поступательное во вращательное и наоборот;
- наволакиваясь на предмет, захватывает его независимо от его формы, удерживает или перемещает его внутри себя с регулируемым обжимающим усилием (*мягкий* захват);
- качением перемещается в поперечном направлении и т.п.

Таким образом, на основе тороидального движения возможно создать самостоятельный вид движителя – торового движителя (ТД).

Функциональные возможности машины или механизма, имеющего в своем составе ТД, увеличиваются, как минимум, в два раза, поскольку эластичный тороид на своей внешней поверхности имеет две рабочие поверхности – центральную часть и периферию, плавно переходящих друг в друга – двухсторонняя замкнутая поверхность<sup>6</sup>.

Для реализации своих потенциальных возможностей эластичные тороиды могут иметь различные формы и быть кинематически связаны с конструктивными элементами, как центральное и/или внешнее и/или внутреннее периферийные тела различной формы, выполненные из различных материалов<sup>7</sup>.

## 2.2. Эластичные механизмы и их достоинства

Механизмами называются системы, предназначенные для преобразования движения тел с изменением во времени их относительного положения или расстояния между фиксированными точками звеньев, элементов.

Машины и механизмы, имеющие в своем составе эластичный тороид, оболочка которого выполнена из интеллектуального композиционного материала, заполненная интеллектуальной рабочей средой, называются эластичными.

Эластичные механизмы имеют возможность получения новых форм движения, свойственных текучей среде, таких как: наволакивание, выворачивание, обладают бесступенчатым управлением и плавностью регулирования, экологической чистотой, бесшумностью работы.

Эластичные тороиды не имеют ограничения по длине и могут иметь геометрические размеры, изменяющиеся от долей миллиметров до десятков, сотен метров при определенных их пропорциях.

<sup>6</sup> Шихирин В.Н. Цивилизации брошен вызов. Ответом, возможно, станет эластичная механика. // Сорок один: окружная газета Зеленограда (Москва). 2001.10 февраля. № 7 (1285).

<sup>7</sup> Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. - М.: Энергоатомиздат. 2-е изд. 2003. - 584 с.



К достоинствам эластичных машин и механизмов, позволяющим решить проблему современных технологий и модернизировать и мобилизовать конструкции инженерных узлов, следует отнести следующие:

- возможность получения плавного (бесступенчатого) движения при взлете, плавании, перемещении в непрямолинейном направлении, а также бесступенчатых пульсаций, волнового движения, колебаний вдоль и поперек осей вращения, сворачивания в компактный объем, и т.п.;
- возможность создания абсолютно новых «мехатронных» систем, например мягких или эластичных радиоэлементов;
- более высокий в сравнении с традиционной механикой коэффициент полезного действия, поскольку трение скольжения заменено трением качения (*эффект колеса*);
- низкая энерго- и материалоемкость, поскольку «жесткие» конструкционные материалы заменены эластичными конструкционными материалами оболочек;
- высокие мобильность и простота эксплуатации, ремонта, монтажа и демонтажа, особенно в экстремальных условиях;
- универсальность конструктивных элементов;
- плавность регулировки;
- минимальная масса и габариты при хранении (несмотря на большие рабочие объемы);
- экологическая чистота;
- бесшумность работы;
- отсутствие необходимости создавать новые специальные производства для изготовления систем эластичной механики.

### **2.3. Применение торовых технологий**

Условия эксплуатации эластичных механизмов могут быть самыми разными: подводные, подземные, наземные, надводные, воздушные, и т.д. Машины и механизмы на основе эластичной механики смогут найти самое широкое применение в любой сфере деятельности человека: энергетика, транспорт, строительная индустрия, машиностроение, добывающие отрасли, мехатронные технологии, аварийно-спасательное оборудование, медицина, и т.д.

На сегодняшний день уже изготовлены многочисленные действующие модели транспортных средств высокой проходимости для транспортировки большегрузных и крупногабаритных объектов, антенно-фидерных устройств, элементов роботов и кластерных систем, устройств дозаправки топливом, контейнеров, погрузочно-разгрузочных, амортизирующих и демпфирующих систем, и т.д.

Таким образом, на сегодняшний день сохраняется интерес к мягким оболочкам как инженерным конструкциям. Появляются новые машиностроительные технологии с применением силовых мягких оболочек.

Пневмоконструирование как направление инженерного проектирования является весьма перспективным и интересным.

#### **2.4. Трудности создания тороидальных машин**

Создание тороидальных машин требует решения достаточно сложных инженерных и материаловедческих задач.

Недостатком известных конструкций является ненадлежащее соединение или фиксация тороидальной оболочки в нулевом положении по отношению к раме транспортного средства<sup>8</sup>. Учитывая, что тороидальная тонкостенная оболочка больших размеров не имеет устойчивого положения и формодержания при воздействии меняющейся по величине и направлению внешней нагрузки, то такой движитель подвержен изменению формы оболочки, что сказывается на устойчивости транспортного средства. Кроме того, оболочка работает под внутренним давлением и в процессе силового нагружения возможны его утечки, что приводит к появлению разворачивающего момента, отклоняющего транспортного средства от заданного направления перемещения.



*Рис. 1 Экспериментальная тележка конструкции московского института НАМИ.*

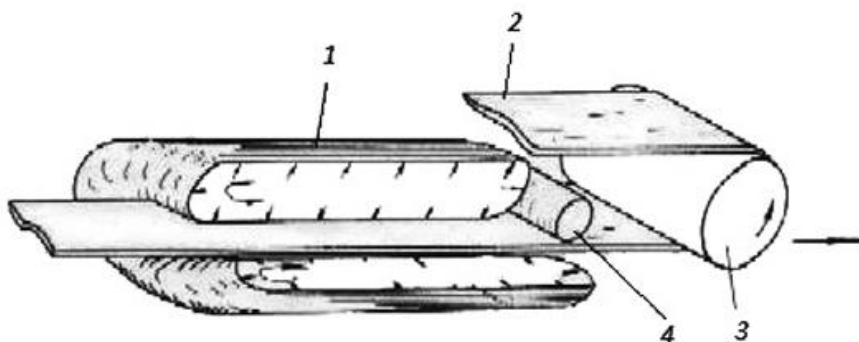
Недостатком конструкции тороидального движителя, позволяющего перемещаться не только по суше, но и по воде, является использование ковшеобразной формы карманов, пришитых к оболочке снаружи. Карманы при движении по воде наполняются водой и, когда оболочка заворачивается внутрь тора, вода не вытекает из карманов и попадает внутрь тороидального мешка, что приводит к появлению дополнительного сопротивления перемещению и повышенному проскальзыванию ленты или ремней по наружной поверхности оболочки. Кроме этого при низких температурах движение вообще невозможно, так как вода начнет замерзать в карманах.

<sup>8</sup> Андриенко Д.В. Тороидальный движитель транспортного средства. Сибирский федеральный университет. Эл. статья.

Работа ТД прямо зависит от плотности и надежности прилегания приводных ленты или ремней к поверхности оболочки, что обеспечивается заданным давлением воздуха внутри оболочки и силой прижатия к опорным роликам. Так как оболочка не имеет устойчивой формы, то при некоторых положениях транспортного средства (например, при наклоне вперед или назад или заваливании на борт) между лентой или ремнями и оболочкой теряется контакт, что приводит к остановке транспортного средства и прекращению функционирования движителей.

Общие задачи создания ВТС на тороидальных движителях можно разделить на группу задач, относящихся к собственно тороидальному движителю и на группу задач, относящихся к самому транспортному средству на этих движителях. В первую группу входят задачи, связанные с конструкцией, материалом и технологией изготовления тороидального движителя. Ко второй группе относятся задачи, связанные с общей компоновкой машины, конструкцией привода движителя и способом поворота.

Задачи, которые необходимо решить при создании тороидального движителя, вытекают, прежде всего, из условия выворачивания (наволакивания) цилиндрического тора, которое обеспечивается правильно подобранным соотношением длины тора и наружным диаметром его торцевой части, а также минимальному сопротивлению изгибающим деформациям материала оболочки. В общем случае подвижность цилиндрического тора обеспечивается при условии равенства длины периферийной части оболочки не менее половины длины окружности сечения его торца. Основными источниками сопротивления изгибу является жесткость материала, сжатие и изгиб материала в зонах складкообразования, малый радиус изгиба в этих зонах.



**Рис. 2 - Конструкция тороидального движителя с приводом**

*1 — цилиндрический тор; 2 — приводной ремень; 3 — приводной барабан;  
4 — ограничивающий валик.*

Привод тороидального движителя (Рис. 2) транспортного средства, содержит ведущую от привода бесконечную ленту (ремни), огибающую установленные на раме транспортного средства ролики, один из которых предназначен для привода этой ленты (ремней) и который связан с приводом, а также натяжной ролик, предназначенный для регулирования прилегания ленты или ремней к поверхности тороидальной оболочки.

## **Глава III. Практическое проектирование и исследование модели транспортного средства для Севера на основе тороидальных технологий**

### **3.1. Создание действующей модели**

Корпус модели будет выполнен из деталей образовательного набора Lego Mindstorms. Лента, выворачивающая эластичный тороид, выполнена из ткани или/и резины. Лента крепится на стержнях. Конструкция будет приводиться в движение электродвигателем.

Тороиды выполняются из резины толщиной 0,3 мм. Для создания одного тора требуется 2 резиновых цилиндра длиной 6-8 см. Цилиндры вырезаются из перчаток с маркировкой «особой прочности».

На данный момент проведен ряд экспериментов с выбором средств для изготовления торов для действующей модели.

1. Установлено, что для изготовления тора лучше всего использовать не универсальный клей, а специальный клей для резиновых изделий. При склеивании универсальным клеем наблюдается сдутие оболочки тора, плохая стыковка поверхностей, шов не надежен (см. приложение 1) .

2. Тонкая резина 0,1-0,2 мм не подходит для изготовления тора, т.к. при склеивании поверхность деформируется, сильно сжимается, уже на этапе склеивания становится понятно, что конструкция тора из тонкой резины не получится (см. приложение 2) .

3. Установлено, что толстая резина (велосипедная камера) не подходит для изготовления тора из-за чрезмерной плотности материала и как следствие этого низкой выворачиваемости тора (см. приложение 3).

4. Установлено, что процесс проклеивания при наличии бумажного напыления затрудняется наложением резинового слоя на бумажную основу. Однако при условии сильного нажатия и длительного давления в процессе склеивания материал - плотная «особо прочная» резина - хорошо держит воздух, тор получается прочным (см. приложение 4) .

Склеить 2 резиновых цилиндра можно было двумя способами.

1. При первом способе поперечный шов мешал движению конструкции.
2. Во втором случае продольный шов расположен вдоль направления «меридиана» и не мешает растяжению и сжатию тора.

В ходе работы в октябре 2013 года выполнены два прототипа тороидального движителя (приложение 5, 6).



**Рис. 3. Первый прототип**

Вывод: Первая конструкция получилась тяжелой, малоподвижной.

Задача: сделать второй прототип, облегченный по весу, более маневренный.

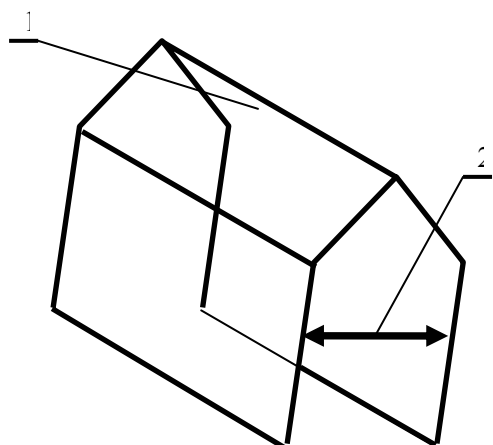
**Рис. 4. Второй прототип**



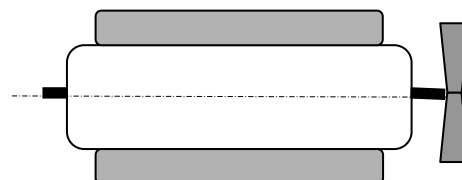
отверстия для крепления болтов. Для облегчения конструкции движителя были выбраны болты не 10мм, а 6 мм. Вместо 5 пластиковых цилиндров взяты 3 деревянные катушки и 2 пластиковые трубки.

Вывод: Вторая конструкция получилась более легкой по сравнению с первой, более подвижной.

Задача: продолжить работу по совершенствованию движущей части модели.



Идея: оргстекло (1) согнуть в виде арки или буквы «П», чтобы не использовать тяжёлые болты, для жёсткости соединить шпильками (2); при этом сверху появится монтажная платформ для приводов. Привода можно будет шкивами соединить с ведущими барабанами (приложение 7).



В ходе работы в 2013-2014 гг. изготовлены пять действующих моделей устройства.

**Первая модель:** для создания использованы детали образовательного набора Lego Mindstorms, оргстекло, резиновый цилиндрический тор, деревянные катушки (3 штуки), резиновая лента из велосипедной камеры.

Из оргстекла была сделана арка в виде буквы «П», что позволило значительно облегчить конструкцию, в арке были симметрично проделаны отверстия для крепежей деталей Lego.

Устройство приводилось в движение двумя двигателями Lego Mindstorms. Управлялось с помощью с планшета, для чего было запрограммировано.

Были проведены эксперименты, которые показали, что необходимо усовершенствовать модель, так как угол подъема резиновой ленты не позволял торам свободно выворачиваться, поэтому модель не двигалась.

Задача: сделать вторую модель, учитывая необходимость изменения угла подъема ленты.

**Вторая модель:** для создания использованы детали образовательного набора Lego Mindstorms, оргстекло, резиновый цилиндрический тор, деревянные катушки (3 штуки), резиновая лента из велосипедной камеры.

Из оргстекла была сделана арка в виде буквы «П», но с выступами с двух сторон по отношению к торам, с закругленными краями, в арке были симметрично проделаны отверстия для крепежей деталей Lego. Угол подъема ленты был сведен к минимальному.

Устройство приводилось в движение двумя двигателями Lego Mindstorms. Управлялось с помощью с планшета, для чего было запрограммировано.

Были проведены эксперименты, в данной модели торы могли выворачиваться, устройство перемещалось по поверхности вперед и назад. Однако за счет не очень удачного расположения двигателей и управляющего блока на площадке основы был смещен центр тяжести модели, в связи с чем она при движении была неустойчивой (наблюдался крен).

Задача: сделать третью модель, по-другому расположив двигатели и управляющий блок.

**Третья модель:** За основу взята вторая модель устройства, изменено положение двигателей и управляющего блока по отношению к основе.

Были проведены эксперименты, в данной модели торы могли выворачиваться, устройство перемещалось по поверхности вперед и назад. Крен не наблюдался.

**Четвертая модель:** За основу взята третья модель устройства, изменено положение двигателей и управляющего блока по отношению к основе. Вместо лент использованы резиновые гусеницы.

Были проведены эксперименты, в данной модели торы могли выворачиваться, устройство перемещалось по поверхности вперед и назад, поворачивается на месте, преодолевает препятствия. Гусеницы позволяют устройству легче передвигаться, с большей маневренностью.

**Пятая модель:** В модели детали взяты из механического конструктора, используется пульт радиоуправления с несколькими рычагами, устройство перемещается с помощью резиновых торов и гусениц увеличенной длины.

Были проведены эксперименты, в данной модели торы легко выворачиваются, устройство перемещалось по поверхности вперед и назад, вращается на месте, преодолевает препятствия. Гусеницы позволяют устройству легче передвигаться, с большей маневренностью.

### **3.2. Перспективы продолжения исследования**

В течение 2014 года проверить ходовые свойства созданной модели, провести эксперименты на разных поверхностях с преодолением препятствий.

#### **Заключение**

Изучая мягкие оболочки, торовые технологии, эластичные технологии как способ решения проблем современных электронных, информационных и энергетических технологий, которые подошли к физическим пределам своего развития, можно сделать следующие выводы:

Эластичные конструкции как энергетические системы, не только реализуют свойства сжатой рабочей среды, но и благодаря физико-механическим свойствам конструкционного материала могут выполнять специальные функциональные свойства, не присущие традиционным механизмам. Это связано с созданием новых материалов на стыке отраслей физики, химии, механики, электроники, биологии, информатики и др.

Благодаря минимальной массе и транспортному объему, простоте конструкции и скорости приведения в рабочее состояние эластичные механизмы незаменимы в экстремальных условиях, затрудняющих использование традиционного оборудования.

Задачами, которые можно решить с помощью эластичных механизмов являются: оказание первой оперативной помощи, обеспечение жизнедеятельности или эвакуации пострадавших, временная консервация и восстановление функциональных аварийных объектов.

Если использовать тороидные оболочки в качестве мягких движителей и заменять жесткую рычажную систему, или механизмов с гибкими тягами на упругие оболочки, они позволят обеспечить вездеходность транспортным средствам за счет перемещения центра тяжести относительно неподвижной опоры.

Использование оболочек управляемой формы, изменение поверхностного натяжения которых регулируется, позволяет предложить новую концепцию использования пневматики низкого и сверхнизкого давления для создания нетрадиционных движителей.

Использование эластичных механизмов в различных отраслях промышленности, в частности в транспортном машиностроении, позволяет применять новые направления в конструировании, открывающие не только совершенствование существующих механизмов, но и создание новых подходов в классической механике.

В ходе дальнейшего исследования планируется окончательная разработка модели транспортного средства для Севера на основе тороидальных технологий, установление его ходовых качеств и целесообразности применения.

#### Список литературы:

1. Андриенко Д.В. Тороидальный движитель транспортного средства. Сибирский федеральный университет. Эл. статья. Режим доступа: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/6666>
2. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. - М.: Энергоатомиздат. 2-е изд., 2003. - 584 с.
3. Бондаренко М.А. Основные проблемы современных технологий и один из путей их решения. - Иркутск, 2008.
4. Емелин В.И., Авдеев Р.М. Торообразный эластичный привод для внутритрубных работ: монография; под ред. В.И. Емелина. - Красноярск: Изд-во ИПЦ КГТУ, 2005. - 167 с.
5. Рукавные и торовые преобразователи. Возможность и целесообразность их применения в машинах и устройствах широкого назначения. Всесоюзный научно-исследовательский институт межотраслевой информации, Спецвыпуск, под редакцией А.И.Коробова и В.Н. Шихирин. - Москва, 1995. - 85 с.
6. Сичкарев В.И. Классификация мягких силовых конструкций // Тр. НКИ / Николаев, 1973. Вып. 78.- С. 76–78.
7. Шихирин В.Н. Перспективы развития торовых технологий, эластичной механики. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2005. - С. 3-41.
8. Шихирин В.Н. Торовые технологии – основа эластичной механики: материалы I-й Междунар. науч.-практ. конф.«Торовые технологии». - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. - 48с.
9. Шихирин В.Н. Цивилизации брошен вызов. Ответом, возможно, станет эластичная механика. // Сорок один: окружная газета Зеленограда (Москва). - 10 февраля 2001. - № 7 (1285).
10. Шихирин В.Н. Эластичная механика. Основа машин и механизмов будущего // Электроника. Наука. Технология. Бизнес, 2001. - С 10–15.
11. Шихирин В.Н. Эластичные машины и механизмы будущего // Сумма технологий. Обзор российских технологий, 2000. - № 3. - С.52–53.
12. Шихирин В.Н., Ионова В.Ф., Шальнев О.В., Котляренко В.И. Эластичные механизмы и конструкции: монография.-Иркутск:Изд-во ИрГТУ, 2006.-286 с.
13. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.evg-ars.narod.ru/>



**Фото собранных моделей (с первой по третью)**



**Фото собранных моделей (четвертая и пятая)**

