

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Кибернетики _____
Направление подготовки _____ 15.04.06 _____
Кафедра _____ СУМ _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование робокара с управлением по вектору силы

УДК 007.52:531.1-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Трапп Сергей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. СУМ	Мальшенко Александр Максимович	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и Систем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР

	знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	(п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

Оглавление

Реферат	9
Введение.....	10
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	11
Обзор литературы.....	12
1 Структура и устройство батареи солнечной космического аппарата	13
2 Обезвешивание батарей солнечных космических аппаратов.....	15
3 Алгоритмы горизонтального раскрытия панелей батарей солнечных.....	16
4 Активные и пассивные системы обезвешивания.....	20
5 Патентное исследование систем обезвешивания БС в процессе наземного испытания раскрытия.....	21
5.1 Обезвешивание батареи солнечной при помощи подвесов.....	23
5.2 Обезвешивание батареи солнечной при помощи подвижных опор	25
7 Патентное исследование шасси робокара	28
7.1 Приводы и шасси со сферическими колесами	29
7.2 Приводы и шасси с полусферическими колесами.....	32
7.3 Приводы и шасси с роликовыми колесами	33
7.4 Использование всенаправленных колес	35
7.5 Анализ результатов патентного исследования	36
8 Патентное исследование системы измерения вектора силы	38
8.1 Датчик вектора силы.....	38
8.2 Оптический тактильный датчик	39
8.3 Шестикомпонентный измеритель-позиционер.....	41
8.4 Альтернативная система измерения силы	43
9 Описание динамики движения робокара.....	46
9.1 Траектория движения робокара.....	46
9.2 Силы, действующие на робокар в процессе его функционирования	47
10 Ошибка позиционирования.....	50
11 Алгоритм работы робокара.....	52

12	Функциональная схема робокара	54
14.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
14.1	Планирование научно-исследовательских работ.....	56
14.1.1	Структура работ в рамках научного исследования	56
14.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ	57
14.1.3	Расчет накопления готовности проекта.....	58
14.2	Расчет материальных затрат	60
14.2.1	Расчет заработной платы.....	60
14.2.2	Расчет затрат на социальный налог.....	61
14.2.3	Расчет затрат на электроэнергию	61
14.2.4	Расчет амортизационных расходов	63
14.2.5	Командировочные расходы.....	64
14.2.6	Расчет прочих расходов.....	64
14.2.7	Расчет общей стоимости разработки	64
14.3	Оценка экономической эффективности проекта	65
14.3.1	Оценка научно-технического уровня.....	65
15.	Производственная безопасность.....	70
15.1	Факторы производственной среды и производственного процесса	70
15.2	Экологическая безопасность.....	77
15.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	78
15.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	80
15.4.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	80
15.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	81
	Список публикаций студента.....	83
	Заключение	84
	Список литературы	85
	Приложение 1	89
	Приложение 2	104

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Кибернетики
 Направление подготовки 15.04.06
 Кафедра СУМ

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Губин В.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ51	Трапп Сергей Андреевич

Тема работы:

Разработка и исследование робокара с управлением по вектору силы	
Утверждена приказом проректора-директора	№ 1399/с от 28.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2017
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является ргобокар, предназначенный для обезвешивания БС КА в процессе наземного испытания раскрытия.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>В работе требуется выполнить:</p> <ul style="list-style-type: none"> – патентное исследование систем обезвешивания, – патентное исследование шасси, – патентное исследование системы измерения сил, – разработка алгоритма работы

	робокара, – разработка функциональной схемы робокара, – эскизирование конструкции робокара.
--	---

Перечень графического материала
(с точным указанием обязательных чертежей)

В качестве графического материала выступают рисунки созданные в САПР «Autodesk Inventor»

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна
Patent Research of Robocar's Wheel System and Alternative System for Measuring Forces	Бутакова Татьяна Ивановна

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Patent Research of Robocar's Wheel System and Alternative System for Measuring Forces

выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. СУМ	Малышенка Александр Максимович	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Трапп Сергей Андреевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Кибернетики
 Направление подготовки 15.04.06
 Кафедра СУМ
 Уровень образования Магистратура

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2017
--	-----------

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	15
	Patent Research of Robocar's Wheel System and Alternative System for Measuring Forces	10

Составил преподаватель:

ё	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. СУМ	Малышенко Александр Максимович	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин В.Е.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 105 страниц, 13 таблиц, 44 рисунка, 28 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: космический аппарат, обезвешивание, робокар, вектор силы, наземные испытания раскрытия, батареи солнечные.

Объектом исследования робокар с управлением по вектору силы.

Цели и задачи работы: произвести патентное исследование существующих систем обвешивания батарей солнечных, провести патентное исследование узлов робокара, составить алгоритм работы робокара, составить функциональную схему робокара, разработать эскизы конструкции робокара.

В данной работе проводились патентные исследования в таких патентных базах данных, как ФИПС, USPTO и PAJ.

В результате работы были разработаны эскизы конструкции робокара, алгоритмы его функционирования, его функциональная схема, подобран ряд его комплектующих. Кроме того, удалось разработать эскиз системы робокаров, которая имеет возможность позиционирования под батареей солнечной (БС) в транспортировочном состоянии.

Данный проект является начальным этапом разработки системы обезвешивания БС при помощи системы робокаров в процессе наземных испытаний раскрытия, что позволит существенно сократить сроки подготовки к испытаниям.

Введение

Космическая промышленность является чрезвычайно важной отраслью для нашей страны. Прогресс в космической промышленности обеспечивает престиж стране, так же увеличивает ее обороноспособность.

Прежде чем выпустить спутник в космическое пространство производится максимально возможная проверка работоспособности его составляющих его агрегатов. Одним из таких испытаний является проверка работоспособности шарнирных механизмов батарей солнечных, которые предназначены для раскрытия элементов батареи солнечной после вывода ее в космическое пространство.

В настоящее время подавляющее большинство испытаний производится посредством различных стендов, в основе которых лежат подвесы. Такой способ испытания способен дать адекватные результаты. Однако различные конструкции батарей солнечных могут предъявлять различные требования к конструкциям данных стендов. Монтаж и настройка таких стендов может потребовать от 15 до 30 дней.

Использование робокара с управлением по вектору силы в процессе наземных испытаний раскрытия потенциально может позволить снизить временные затраты на предварительную подготовку испытательного процесса до 5 дней. Уменьшение времени подготовки к проведению испытаний уменьшит время производственного цикла космических аппаратов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе используются следующие сокращения и аббревиатуры:

БС – батарея солнечная;

КА – космический аппарат;

К – консультант;

Р – руководитель;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ТПУ – томский политехнический университет;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

ЭМП – электромагнитное поле;

ПБ – пожарная безопасность;

Обзор литературы

По данной тематике очень мало учебной литературы, в следствие чего вся информация добывалась посредством изучение патентных баз данных, различных видеоматериалов, а также посредством опроса людей, работающих в космической промышленности.

В данном проекте представлены патентные исследования узлов, которые включает в себя конструкция робокара.

1 Структура и устройство батареи солнечной космического аппарата

Батареи солнечные (БС) космических аппаратов (КА) необходимы для обеспечения электроэнергией КА в процессе функционирования в космическом пространстве. Общий вид БС представлен на рисунке 1.

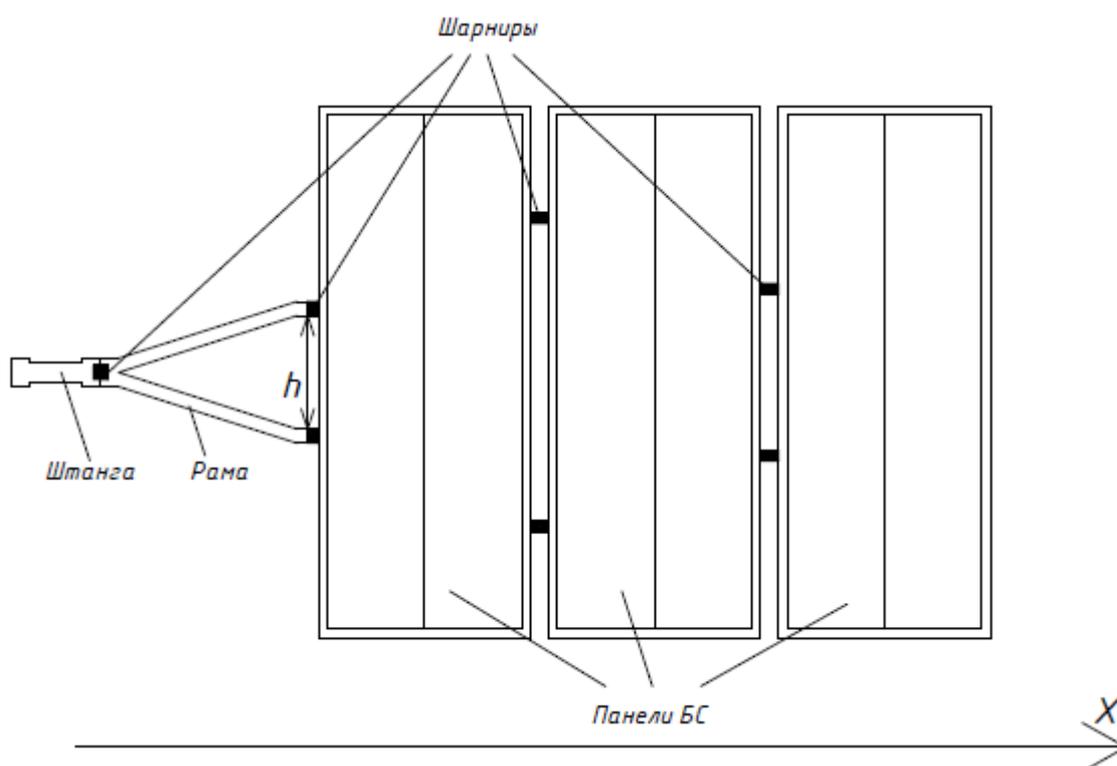


Рисунок 1 – Общий вид батареи солнечной

Как видно из рисунка 1, в общем случае БС представляет собой совокупность следующих элементов:

- штанги,
- рамы,
- панелей,
- шарнирных элементов.

При помощи *штанги* БС крепится к корпусу КА. Кроме того, через штангу БС сообщаются вращательные движения БС вдоль оси X с целью ее правильной ориентации (солнечные лучи должны быть перпендикулярны панелям БС).

Рама БС предназначена для более жесткой механической связи панелей БС с КА через штангу. Более жесткая механическая связь обеспечивается за счет разнесения точек крепления рамы с панелью БС на определенное расстояние h , что помогает при повороте БС вокруг оси X избежать вертикальных прогибов.

Панели БС содержат фотоэлементы, преобразующие солнечную энергию в электрическую. Раскрытие панелей БС может осуществляться в горизонтальном или вертикальном направлениях, но возможны случаи, когда панели БС раскрываются в двух направлениях. В рамках данной работы рассматривается раскрытие только в горизонтальном направлении.

Шарнирные элементы БС помимо функции шарнирного соединения выполняют также функцию приводов раскрытия элементов БС.

2 Обезвешивание батарей солнечных космических аппаратов

Процесс обезвешивания батарей солнечных (БС) необходим для имитации состояния невесомости, в котором будет функционировать КА после его выхода в космическое пространство. Поскольку полагается, что КА будет функционировать в состоянии невесомости, то и компоненты БС проектируются, исходя из того, что на них не будет действовать сила тяжести. Следовательно, к элементам БС предъявляются меньшие требования к прочности, жесткости, а также предъявляются меньшие требования к мощности приводных механизмов (функцию которых выполняют шарнирные элементы), в результате чего становится возможным уменьшение массогабаритных характеристик БС, что является крайне важным вопросом, обусловленным крайне высокой стоимостью запуска ракеты-носителя. Уменьшая массогабаритные характеристики КА, появляется возможность за один пуск ракеты-носителя выводить большее их количество в космическое пространство.

Обезвешивание батарей солнечных (БС) при наземных испытаниях раскрытия представляет собой компенсацию силы тяжести, приложенную к центрам масс элементов БС (смотрите пункт 1) в процессе раскрытия БС. Центры масс чаще всего находят методом балансировки, поскольку координаты центров масс, полученные посредством теоретических расчетов, часто не совпадают с фактическими координатами.

3 Алгоритмы горизонтального раскрытия панелей батарей солнечных

В данном разделе рассматриваются два алгоритма горизонтального раскрытия панелей БС.

Первый алгоритм предполагает, что все приводы раскрытия панелей БС в начальный момент времени начинают работать одновременно. На рисунке 2 проиллюстрирован процесс раскрытия БС (вид сверху).

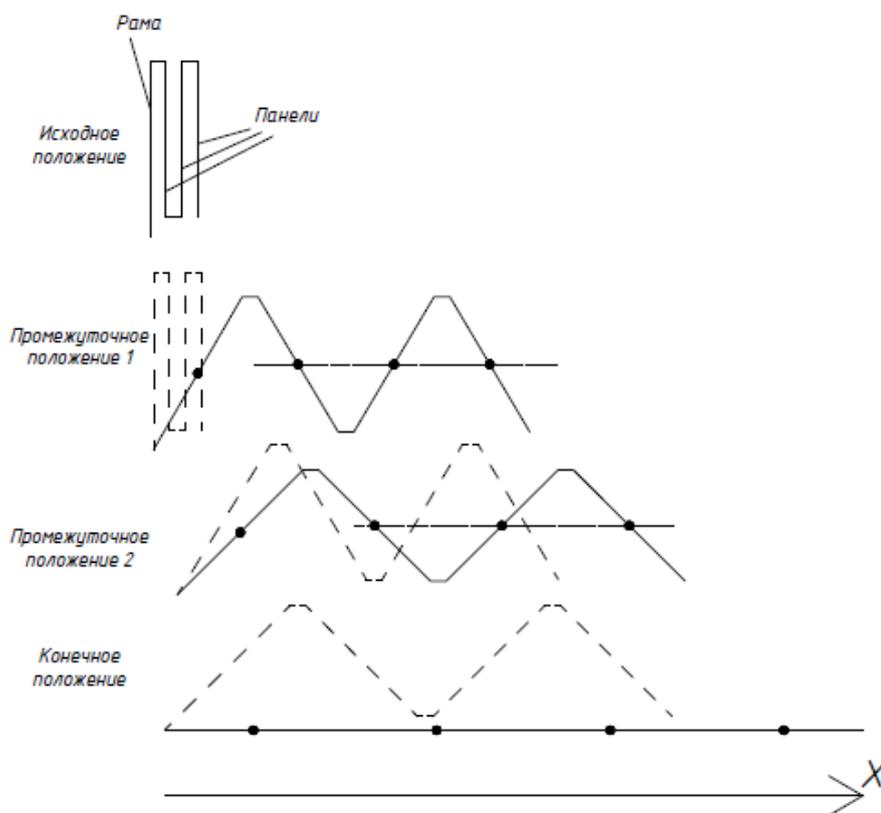


Рисунок 2 – Раскрытие солнечной батареи по первому алгоритму

На рисунке 2 показано четыре положения в процессе раскрытия – исходное, конечное и два произвольно взятых промежуточных. В исходном положении длинные вертикальные отрезки соответствуют раме и панелям БС (рама представлена в виде самой длинной линии), а шарнирным элементам соответствуют короткие горизонтальные отрезки. В промежуточных положениях сплошными отрезками обозначены положения элементов БС в данный момент времени. Пунктирными отрезками обозначено положение

элементов БС в предыдущий проиллюстрированный ранее момент времени. Точками обозначены центры масс элементов БС. Пунктирными линиями соединены центры масс элементов.

На рисунке 2 показано теоритическое раскрытие панелей БС, когда центры масс панелей БС лежат на одной прямой. Но на практики такого не происходит в силу ряда факторов, один из которых заключается в различном фактическом положении центра масс панелей БС относительно шарнирных элементов, что приводит к различным моментам инерции. В результате чего различные приводы будут иметь различную нагрузку в процессе раскрытия. Другим фактором является погрешность системы обезвешивания. В результате данной погрешности увеличивается трение в шарнирных механизмах, что увеличивает нагрузку на привод раскрытия панели. Кроме того, сами приводы на практике не являются идеальными и их характеристики находятся в некотором допустимом диапазоне значений.

На рисунке 3 проиллюстрирован на виде сверху один из практически возможных вариантов хода процесса раскрытия.

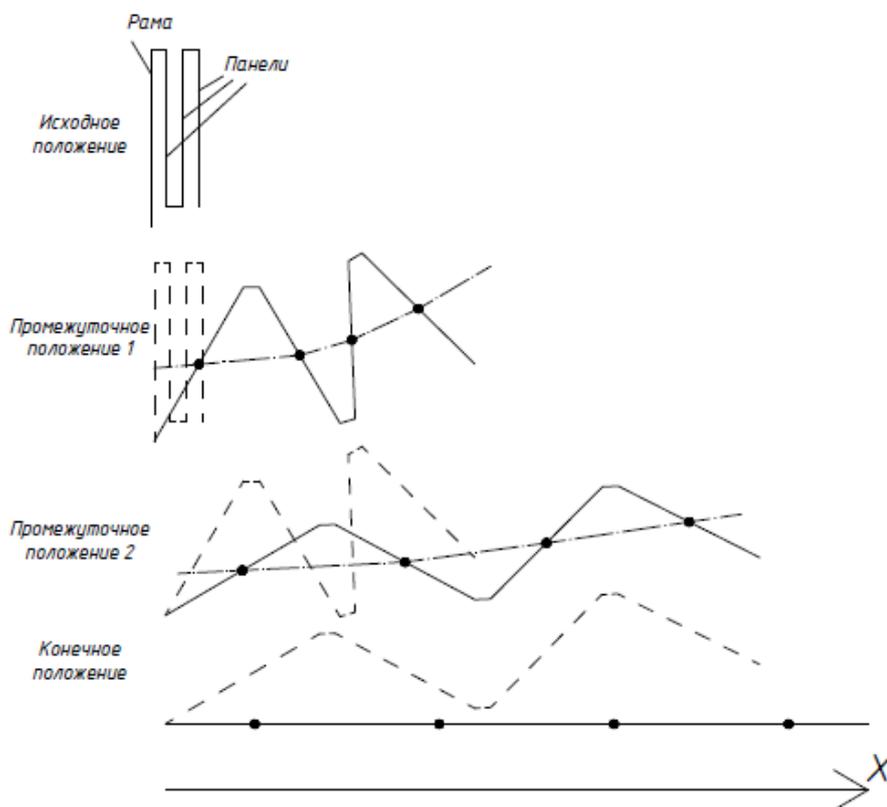


Рисунок 3 – Практически возможный вариант раскрытие солнечной батареи по первому алгоритму

В результате раскрытие каждого шарнирного элемента происходит его фиксация в раскрывшемся состоянии – зачековка. Таким образом, СБ считается раскрытой, когда все ее шарнирные элементы зачекованы.

После того как панель БС полностью раскроется и все ее шарнирные элементы зачекуются, БС в течение некоторого промежутка времени совершает колебательные движения, которые должна отработать система обезвешивания.

Второй алгоритм предполагает, что БС должна раскрыться за N тактов. На рисунке 4 проиллюстрирован алгоритм раскрытия БС за 4 такта на виде сверху в масштабе. Пунктирной линией обозначено состояние солнечной батареи в предыдущем такте, а непрерывной – в текущем.

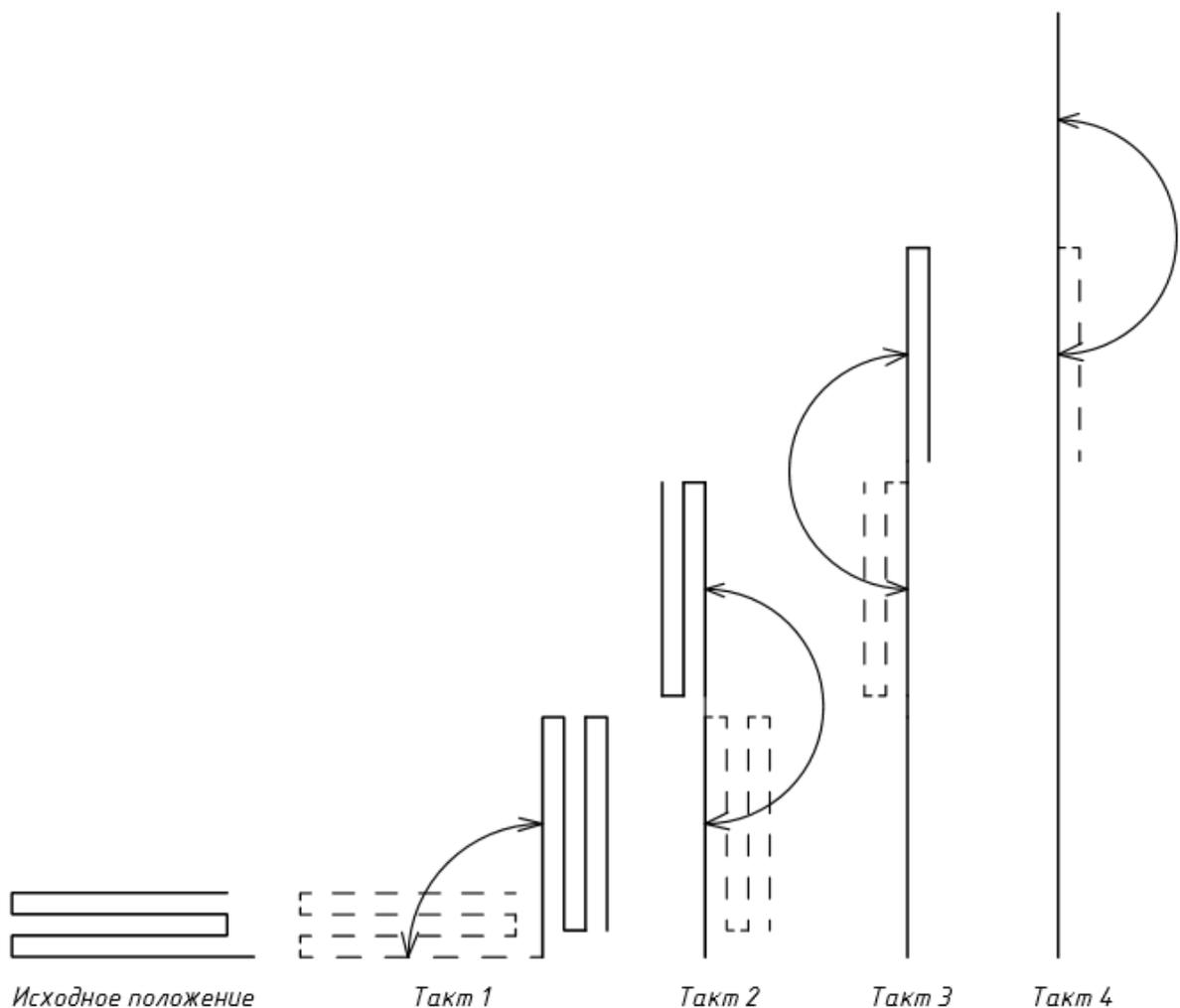


Рисунок 4 – Раскрытие солнечной батареи по второму алгоритму подписи

Как видно на рисунке 4 за такт 1 раскрывается шарнирный элемент, соединяющий штангу и раму БС. При этом остальные шарнирные элементы остаются в неподвижном состоянии. Раскрывшийся шарнирный элемент зачехливается. За такт 2 раскрывается шарнирный элемент, соединяющий панель БС и раму. Прочие шарнирные элементы остаются также неподвижными, и в результате раскрытия второго шарнира происходит его зачехловка. Таким же образом раскрывается прочие шарниры БС.

4 Активные и пассивные системы обезвешивания

Выделяют пассивные и активные системы обезвешивания. Отличие этих систем заключается в том, что активная система предполагает наличие следящей системы управления (системы следящей за движением центра масс элемента БС в процессе раскрытия).

Основными преимуществами пассивной системы обезвешивания является относительная простота и низкая стоимость. Но такая система приводится в движение не самостоятельно, а пассивно – при помощи приводных механизмов БС. Следовательно, в приводные механизмы должна быть заложена мощность на преодоление сил инерции и трения подобных механизмов, что увеличит массу этих механизмов.

Активные системы обезвешивания, как уже говорилось выше, предполагают наличие следящей системы управления, наличие которой увеличивает денежные и трудовые затраты на ее изготовление. Однако данная система обеспечивает лучшее обезвешивания, поскольку такая система самостоятельно приводится в движение на основании информации о положении элементов БС и, следовательно, в приводные механизмы БС не должна быть заложена мощность на преодоление силы трения системы обезвешивания и ее моментов инерции.

5 Патентное исследование систем обезвешивания БС в процессе наземного испытания раскрытия

После ознакомления с конструкцией и принципом раскрытия БС, а также с сутью процесса обезвешивания, возникает необходимость ознакомления с существующими системами обезвешивания БС.

В качестве патентной баз данных будет использоваться база «Федерального института промышленной собственности» ФИПС и американская патентная база данных USPTO (United States Patent and Trademark Office).

Ниже, в таблице 1, представлены коды групп и их названия, в которых производился патентный поиск.

Таблица 1 – Группы патентного поиска

Группа	Название
B64G 1/44	Размещение и модификация систем энергоснабжения с использованием радиации, например раскрываемые солнечные батареи
B64G 5/00	Наземное оборудование для космических кораблей, например стартовые установки, оборудование для заправки топливом
B64G 7/00	Имитация космических условий, например для установления условий жизнеобеспечения (тренажеры для обучения или тренировки)
B64G 99/00	Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса
G01M 19/00	Проверка статической и динамической балансировки машин или конструкций; испытания различных конструкций или устройств, не отнесенные к другим подклассам. Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса

В результате патентного поиска и анализа систем обезвешивания БС был выявлен ряд решений. По большому счету при наземных испытаниях горизонтального раскрытия БС все решения по обезвешиванию составных частей БС можно условно поделить на следующие две группы: подвесы и подвижные опоры. Суть подвесов заключается в том, что элемент обезвешивания находится в процессе испытания в подвешенном состоянии, как это проиллюстрировано на примере панели БС на рисунке 6.

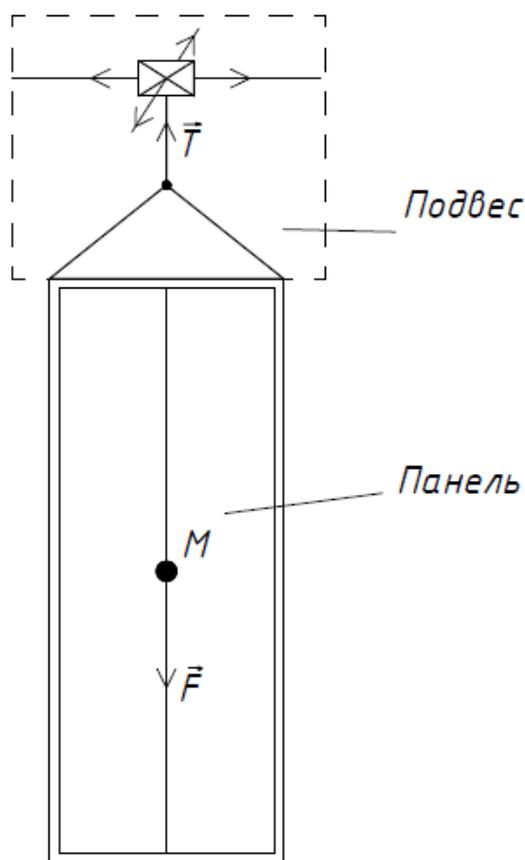


Рисунок 6 – Общий вид подвеса

На рисунке 6 буквой M обозначен центр масс панели БС, \vec{F} – сила тяжести, приложенная к центру масс M и \vec{T} – сила натяжения подвеса, которая компенсирует силу тяжести \vec{F} .

При использовании подвижной опоры в процессе испытания обезвешиваемый элемент устанавливается на опору сверху (рисунок 7).

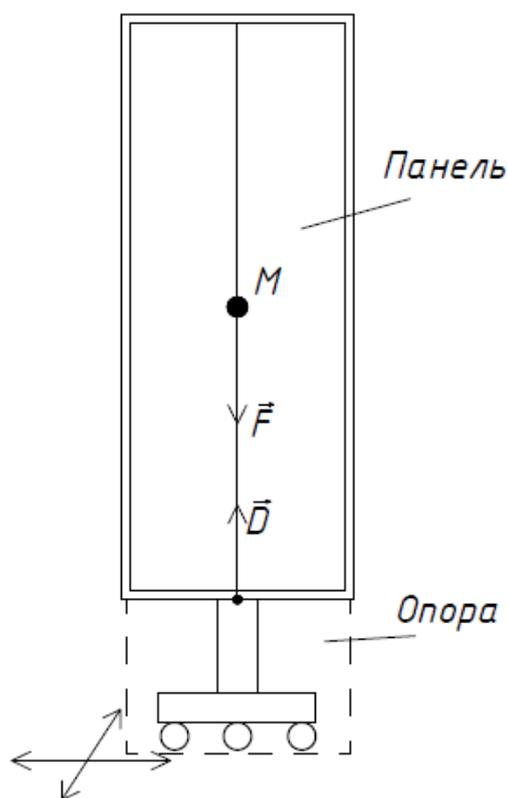


Рисунок 7 – Общий вид панели на подвижной опоре

На рисунке 7 буквой M обозначен центр масс панели БС, \vec{F} – сила тяжести, приложенная к центру масс M , \vec{D} – сила реакции опоры, которая компенсирует силу тяжести \vec{F} .

Ниже более подробно рассмотрены примеры типовых решений, относящиеся к подвесам и подвижным опорам.

5.1 Обезвешивание батареи солнечной при помощи подвесов

Рассмотрим в качестве примера системы обезвешивания, в основе которой лежит подвес, «устройство для обезвешивания горизонтально перемещающейся многозвенной механической системы космического аппарата» (рисунок 8).

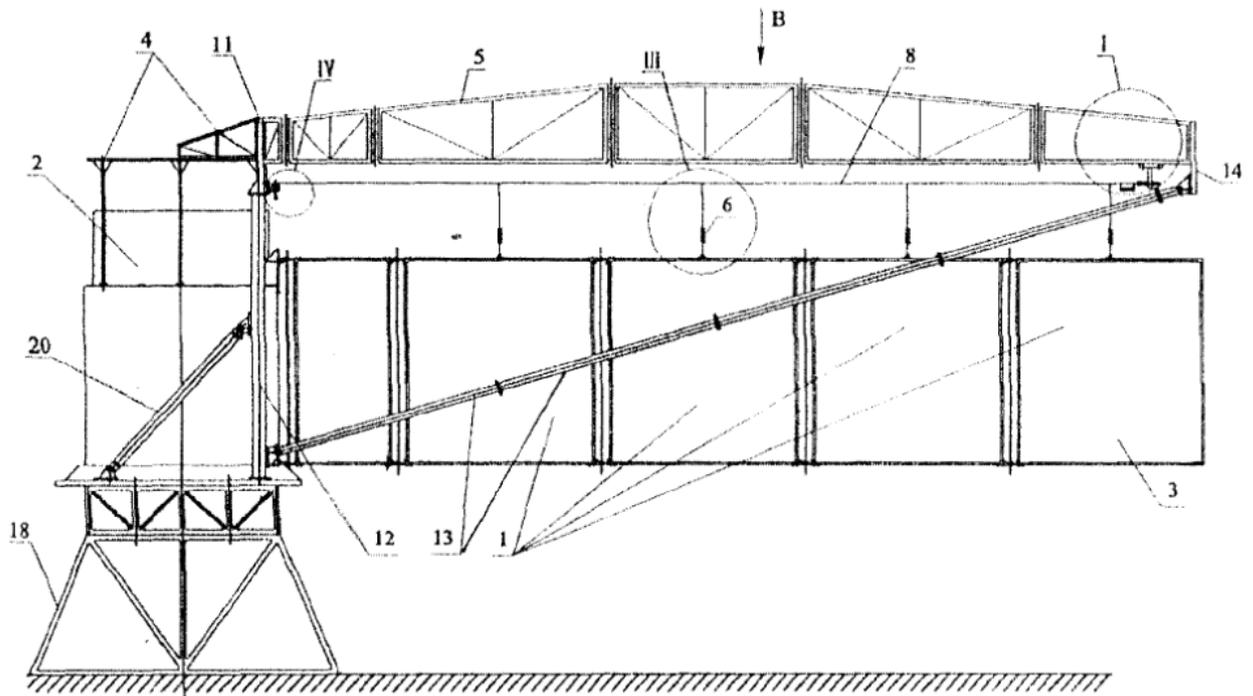


Рисунок 8 – Устройство для обезвешивания горизонтально перемещающейся многозвенной механической системы космического аппарата

Представленное на рисунке 8 устройство относится к наземным имитационным испытаниям космических аппаратов (КА). Устройство содержит раму (4), закрепленную в верхней части КА (2) и снабженную секционной штангой (5). Штанга связана посредством вертикально установленных регулируемых пружин (6) обезвешивания с горизонтально перемещающимися звеньями (3) многозвенной механической системы (1). Звенья уложены W-образно («гармошкой»). На закрепленных между собой секциях (7) штанги (5) горизонтально подвешен направляющий трос (8). Один конец троса закреплен на секции (7), наименее удаленной от КА (2), а другой конец посредством механизма натяжения связан с наиболее удаленной от КА секцией. Регулируемые пружины (6) взаимодействуют посредством опорных элементов с направляющим тросом (8), имея возможность перемещения по тросу. Направляющий трос (8) в плане находится над звеньями (3) механической системы (1) в их рабочем положении. Регулируемые пружины (6) связаны со звеньями (3) в точках,

расположенных в вертикальных плоскостях симметрии этих звеньев. На раме (4) вертикально закреплена П-образная разгрузочная арка (11), две стойки (12) которой закреплены в нижней части КА (2). Многозвенная механическая система (1) в плане находится между стойками (12) П-образной арки (11). Техническим результатом изобретения является уменьшение потребных усилий на приводы раскрытия многозвенной механической системы КА, снижение инерционных нагрузок на звенья данной механической системы и уменьшение транспортных габаритов КА с установленным на нем устройством [1].

Следует отметить, что в настоящий момент системы обезвешивания, в основе которых лежит подвес, являются наиболее распространенными, поскольку при относительной простоте реализации они выполняют требуемый функционал. К недостаткам подвесов следует отнести большие временные затраты на их монтаж и настройку.

5.2 Обезвешивание батареи солнечной при помощи подвижных опор

Пример использования подвижных опор при наземном испытании горизонтального раскрытия был продемонстрирован 21-го марта 2013 года американской компанией «Lockheed Martin Space System». На «YouTube» опубликован видеоматериал, в котором продемонстрировано раскрытие солнечных батарей космического аппарата «MAVEN», где в качестве обезвешивающего устройства использовались подвижные опоры. На рисунке 9 продемонстрирован кадр из видео, на котором видны данные опоры (на рисунке опоры взяты в окружности).

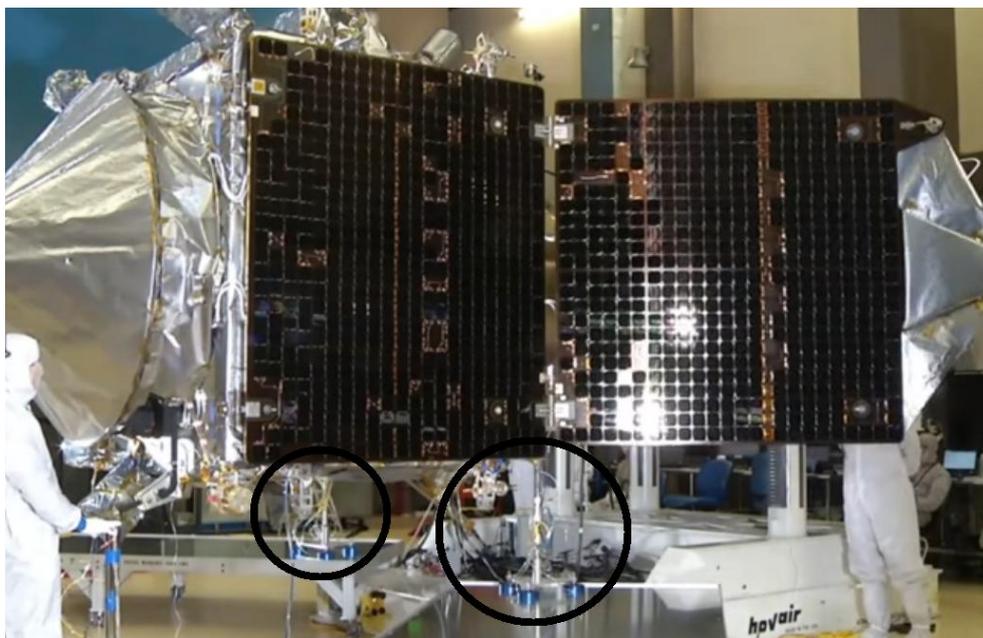


Рисунок 9 – Стоп-кадр из видеоматериала раскрытия солнечных батарей космического аппарата «MAVEN»

Из выложенного видеоматериала нельзя выявить все конструктивные нюансы используемых подвижных опор (не понятно, являются ли данные опоры активными или пассивными; посредством чего нижняя часть опор контактирует с опорной поверхностью (например, колеса или магнитная подушка)).

Использование подвижных опор может позволить существенно снизить временные затраты на процесс испытания БС, ввиду того, что монтаж батарей на подвижную опору должен потенциально занимать значительно меньше времени, чем монтаж и настройка стенда обезвешивания, в основе которого лежит подвес, мероприятия по монтажу и настройки которого могут занимать от 2-х недель.

Использование подвижных опор в процесс обезвешивания может иметь свои недостатки.

Во-первых, некоторые панели БС могут оказаться недостаточно жесткими для их крепления к подвижной опоре своей нижней частью в процессе обезвешивания. Недостаточно жесткая конструкция, установленная

вертикально и зафиксированная в таком положении только в нижней части, может оказаться существенно деформированной, что увеличит нагрузку на шарнирный механизм в процессе испытания раскрытия БС, в результате чего с целью предотвращения деформации панелей БС может потребоваться сложная конструкция их фиксации на подвижной опоре.

Во-вторых, в транспортировочном состоянии БС расстояние между ее элементами достаточно (около 20 мм), что в свою очередь может вызвать сложности позиционирования подвижных опор под БС. Данная проблема может решиться использованием в конструкции опор специальных обводных кронштейнов и/или разработкой особой конструкции системы подвижных опор.

7 Патентное исследование шасси робокара

Патентное исследование шасси робокара направлено на поиск либо готовых конструкций шасси, либо поиска приводных систем, на базе которых можно создать собственную конструкцию шасси, позволяющую решить поставленную задачу.

Анализируя алгоритмы раскрытия панелей БС различных спутников, можно сформулировать главное требование к шасси проектируемого робокара: оно должно иметь три управляемых степени свободы, то есть быть голономным.

Базы данных патентной информации выбирались главным образом из соображений того, что страна, которая являлась обладателем той или иной патентной базы данных, имела передовые технологии в области робототехники и большое число реализованных проектов в данной области. Если в определенной стране реализуется множество проектов, связанных с определенной областью знаний, то в такой стране, очевидно, будут стремиться оформлять свои патенты, связанные с этой областью знаний, и ученые других стран. Учитывая вышеизложенные рассуждения, были выбраны патентные базы данных двух стран: Японии и США (помимо российской базы).

Таким образом, патентный поиск производился в трех базах данных патентной информации:

- Российской – ФИПС;
- Американской – USPTO;
- Японской – PAJ.

В таблице 2 представлены группы международной патентной классификации, содержащие возможные решения.

Таблица 2 – Группы международной патентной классификации.

Группа	группы
B25J 5/00	Манипуляторы смонтированные на колесах
B60B 19/00	Колеса, не отнесенные к другим группам, или с элементами, отнесенными в одну из рубрик этой группы
B62D 15/00	Транспортные средства с двигателями иными, чем обычные колеса или гусеницы, отдельно или дополнительно к колесам или гусеницам (сани В 62В; самоходные сани В 62М)
B62D 57/00	Самоходные транспортные средства или прицепы, отличающиеся расположением или числом колес, не отнесенные к другим рубрикам, например колес, размещенных по ромбической схеме
B62D 61/00	Способы и устройства рулевого управления, не отнесенные к другим группам

Ниже подробно рассмотрены и проанализированы найденные решения, представляющие интерес для реализации рассматриваемого проекта.

7.1 Приводы и шасси со сферическими колесами

Принцип работы приводов со сферическими колесами заключается в передаче различным способом сферическому колесу вращающего момента, позволяющего шасси передвигаться по определенному вектору. На рисунках 11-13 представлены некоторые виды таких приводов и шасси, построенного с использованием этого типа привода.

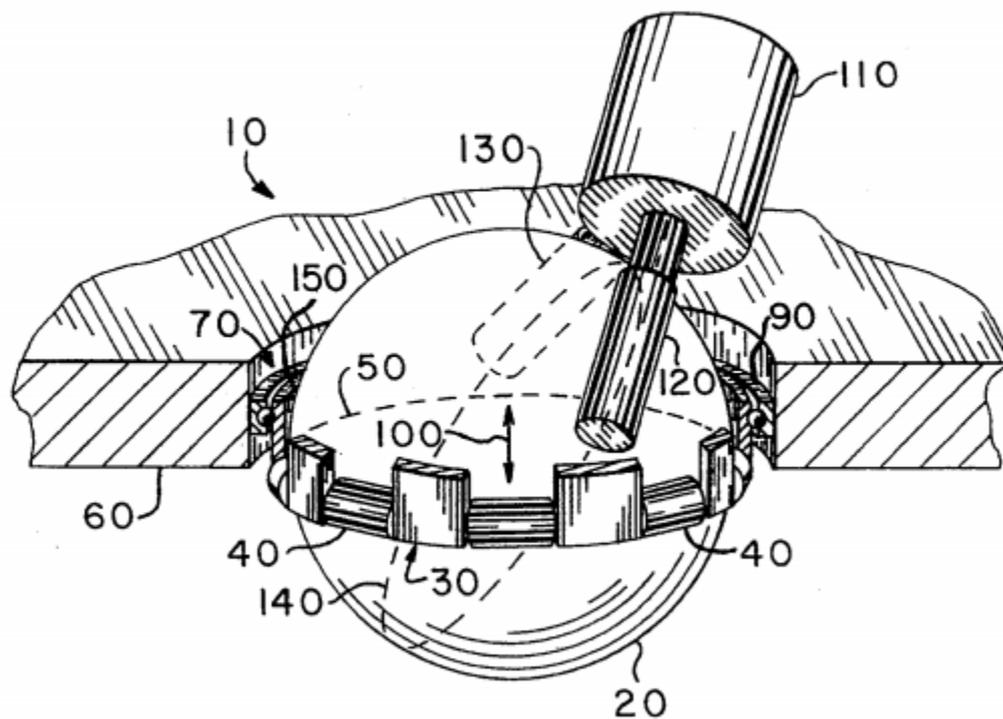


Рисунок 11 – Сферический подвижный механизм

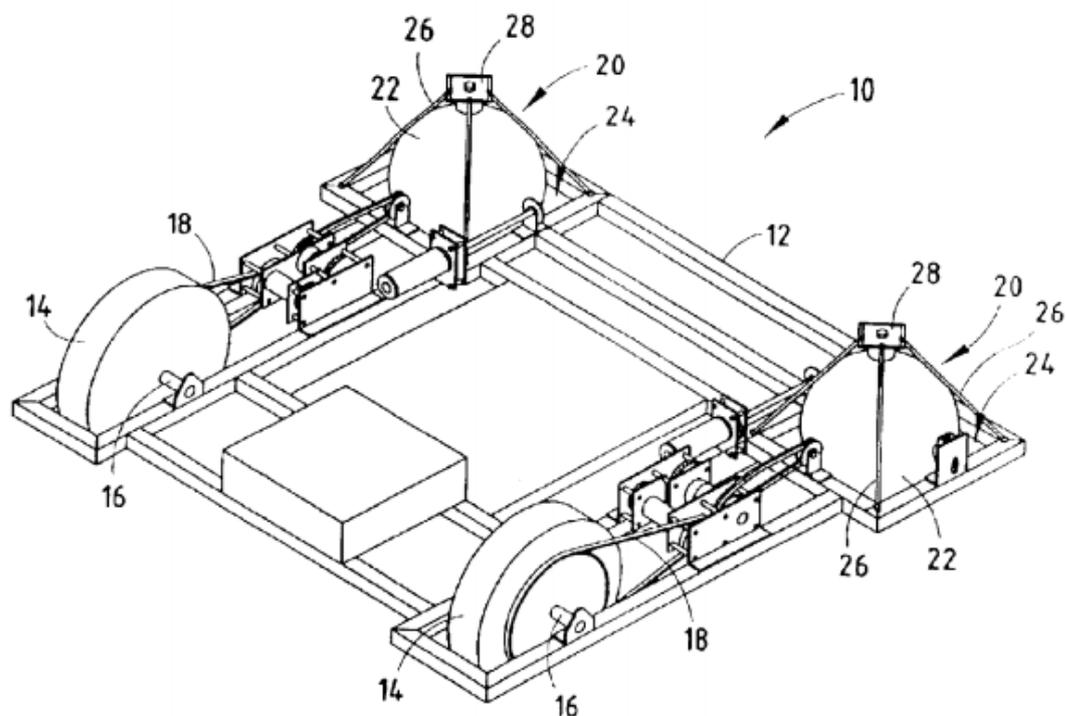


Рисунок 12 – Шасси, построенное с использованием привода со сферическим колесом

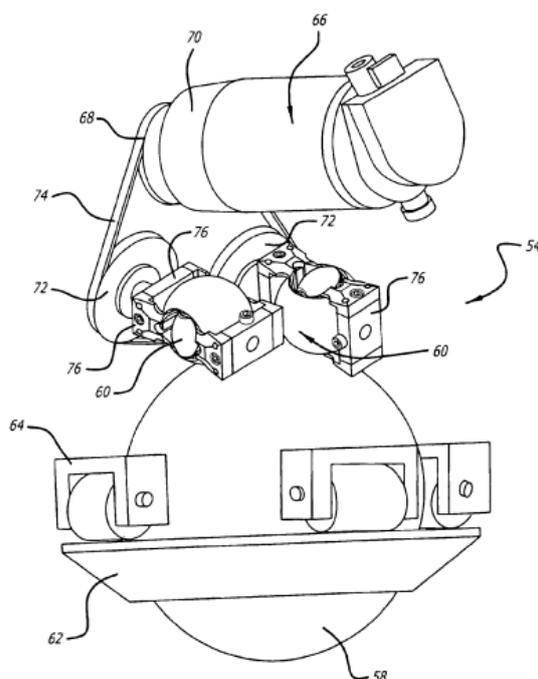


Рисунок 13 – Приводная часть голономной платформы

Преимущество использования сферического колеса:

- сферическое колесо не нуждается в предварительной ориентации с целью изменения направления движения.

Недостатки использования сферического колеса:

- сложность изготовления;
- использование фрикционной передачи, которая имеет непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания;
- малая площадь соприкосновения с поверхностью перемещения (теоритически площадью соприкосновения является точка).

Последние два недостатка накладывают ограничение на управления скоростью робота с шасси, реализованном с рассматриваемым типом приводов: следует избегать скачкообразного изменение скорости, поскольку фрикционная передача изменит свое передаточное число непредсказуемым образом, а малая площадь соприкосновения с поверхность перемещения при скачкообразном изменении скорости допустит скольжение робота в силу инерционных свойств его конструкции [2].

7.2 Приводы и шасси с полусферическими колесами

Примеры привода и шасси с полусферическим колесом представлены на рисунках 14 и 15 соответственно.

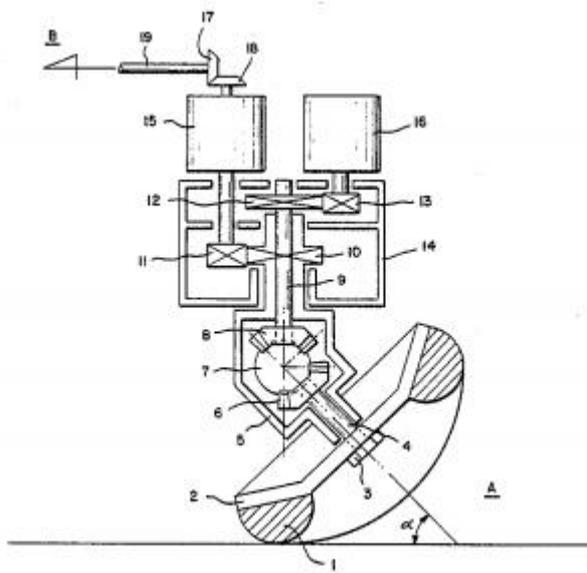


Рисунок 14 – Система всенаправленного привода

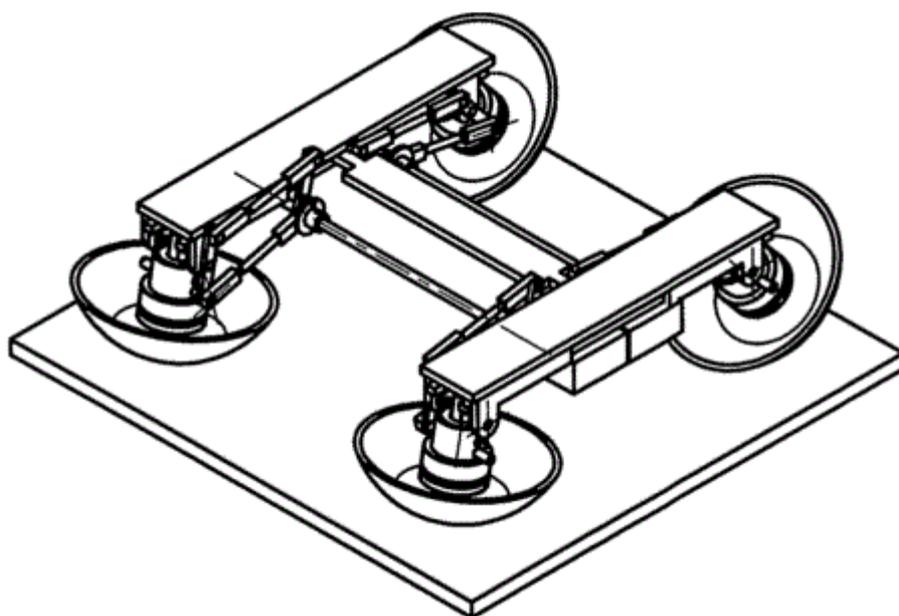


Рисунок 15 – Сферомобиль

Преимущества использования полусферических колес:

- возможность увеличения проходимости транспортного средства.

Недостатки использования полусферических колес:

- сложность изготовления шасси с такими колесами;
- голономное шасси с таким видом колес с целью изменения направления движения нуждается в их предварительной ориентации.

В условиях наземного испытания раскрытия панелей БС к робокару не предъявляются требования к высокой проходимости. Кроме того, для предварительное ориентации колес с целью изменения направления движения требуется определенная временная задержка, которая не допустима в процессе реализации наземного испытания раскрытия панелей БС КА. Следует отметить, что шасси со сферическими колесами реализуются на практике очень редко [3].

7.3 Приводы и шасси с роликовыми колесами

Пример использования роликовых колес для построения шасси робота представлен на рисунке 16.

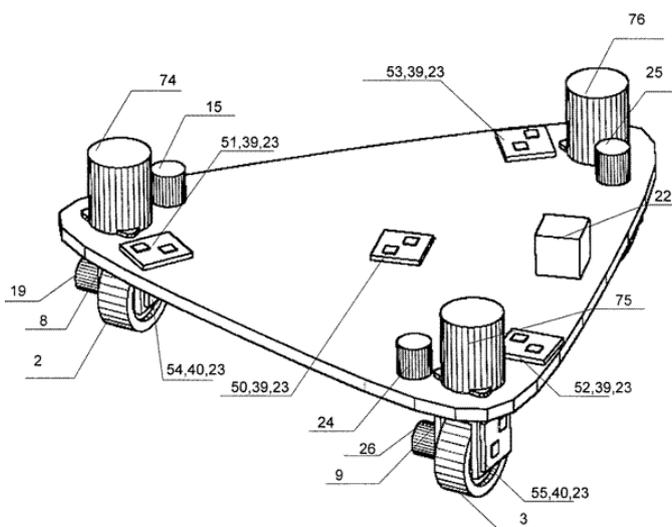


Рисунок 16 – Транспортная тележка

Реализация шасси с роликовыми колесами является наиболее простой. На рисунке 16 шасси мобильного робота имеет по одному приводу, обеспечивающему вращение колес относительно вертикали с целью их ориентации, для каждого колеса. Количество приводов для ориентации колес можно уменьшить до одного, если связать вертикальные оси вращения колес каким-либо способом. Один из таких способов представлен на рисунке 17

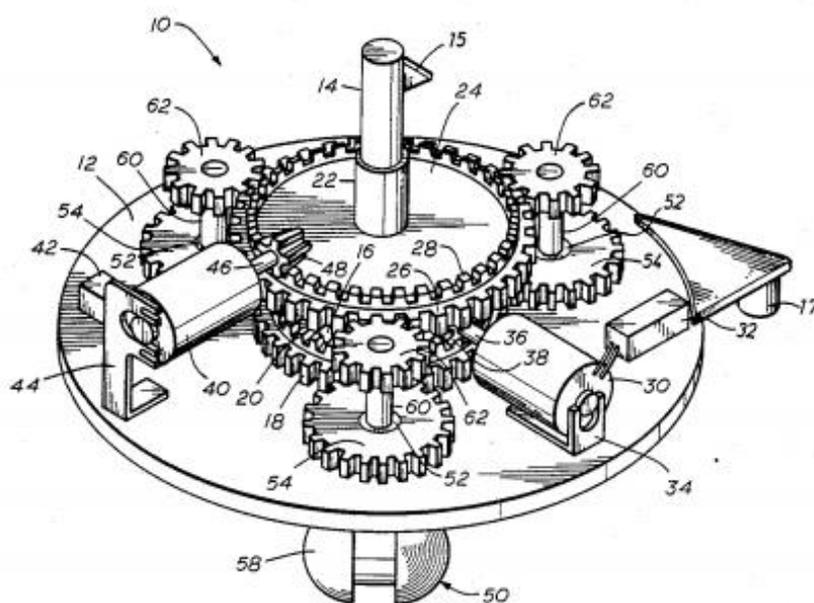


Рисунок 17 – Транспортная тележка

Помимо зубчатых колес (рисунок 17) для передачи вращательного движения всем колесам вокруг вертикальной оси можно использовать ремни или цепи.

Преимущества использования роликовых колес:

- простота исполнения,
- относительно низкая стоимость.

Недостатки использования роликовых колес:

- голономное шасси с таким видом колес с целью изменения направления движения нуждается в их предварительной ориентации,
- вращение колес на неровной поверхности может привести к смещению робокара [5], [6].

-

7.4 Использование всенаправленных колес

Использование всенаправленного колеса (его также называют шведским или колесом Илона) позволяет создать голономное шасси робокара, которое при изменении направления движения не будет нуждаться в предварительной ориентации колес.

Всенаправленные колеса можно разделить на две группы: с роликами, ось вращения которых расположена под углом 90 градусов к оси вращения всего колеса (рисунок 18); с роликами, ось вращения которых расположена под углом 45 градусов к оси вращения всего колеса (рисунок 19).



Рисунок 18 – Всенаправленное колесо с роликами, ось вращения которых расположена под углом 90 градусов к оси вращения всего колеса

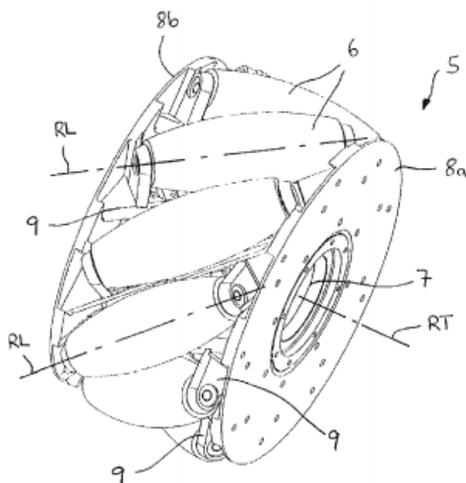


Рисунок 19 – Всенаправленное колесо с роликами, ось вращения которых расположена под углом 45 градусов к оси вращения всего колеса

В англоязычной литературе оба вида всенаправленных колес имеют свои названия. Всенаправленное колесо с роликами, ось вращения которых расположена под углом 90 градусов к оси вращения всего колеса, называют «omni wheel», а во втором случае – «mecanum wheel» [6],.

В настоящее время преимущества и недостатки обоих типов колес активно обсуждаются. Исходя из информации, предоставленной на различных форумах, различия между двумя видами этих колес следующие:

- omni-колесо стоит дешевле, чем mecanum-колесо;
- omni-колесо сложнее с точки зрения управления;
- omni-колесо имеет более низкий КПД;
- шасси, построенное на omni-колесах, является более маневренной;
- для построения шасси на mecanum-колесах необходимо минимум 4 таких колеса, а на omni-колесах – три [7].

7.5 Анализ результатов патентного исследования

После проведения патентного исследования шасси робокара было выбрано два наиболее подходящих варианта: шасси, в основе которых лежат

сферические колеса и шасси, в основе которых лежат всенаправленные колеса.

Шасси, в основе которого лежит использование сферических колес является труднореализуемой на практике системой. Кроме того, такая система будет иметь относительно малую площадь контакта с опорной поверхностью. Следует заметить, что на практике такие системы реализуются достаточно редко.

Значительно чаще реализуются системы, имеющие шасси на всенаправленных колесах, поскольку они имеют относительно более простую реализацию.

Таким образом, принято решение в основу конструкции шасси робокара положить всенаправленные колеса.

8 Патентное исследование системы измерения вектора силы

8.1 Датчик вектора силы

На рисунке 20 представлен датчик вектора силы.

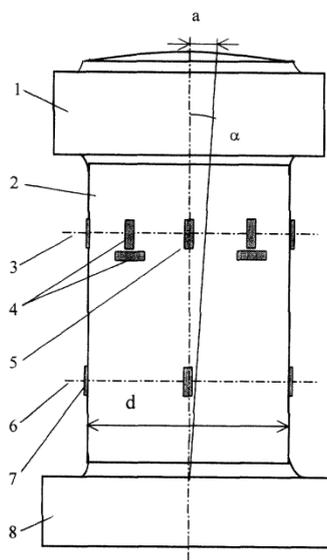


Рисунок 20 – Датчик вектора силы

Конструкция датчика силы работает следующим образом. При воздействии на датчик вектора силы под углом α упругий элемент 2 испытывает как сжимающее, так и изгибающее воздействие данного вектора. Сжатие чувствительного элемента по оси воспринимается тензорезисторными мостами 4, расположенными в сечении 3 на расстоянии $(1,85-1,90)d$ от силоопорной части датчика. Тензомосты 4 дублируют друг друга, что повышает достоверность и надежность измерения осевой составляющей вектора силы. Под воздействием поперечной составляющей вектора силы, появляются изгибающие моменты, величина которых измеряется тензорезисторами мостов 5 и 7, расположенными в основном 3 и дополнительном 6 сечениях соответственно, по показаниям которых определяют эксцентриситет точки приложения вектора силы к упругому элементу 2 датчика.

Конструкция данного датчика может позволить достаточно точно определять вектор силы, однако могут возникнуть трудности с подбором упругого элемента [8].

8.2 Оптический тактильный датчик

На рисунке 21 представлен оптический тактильный датчик.

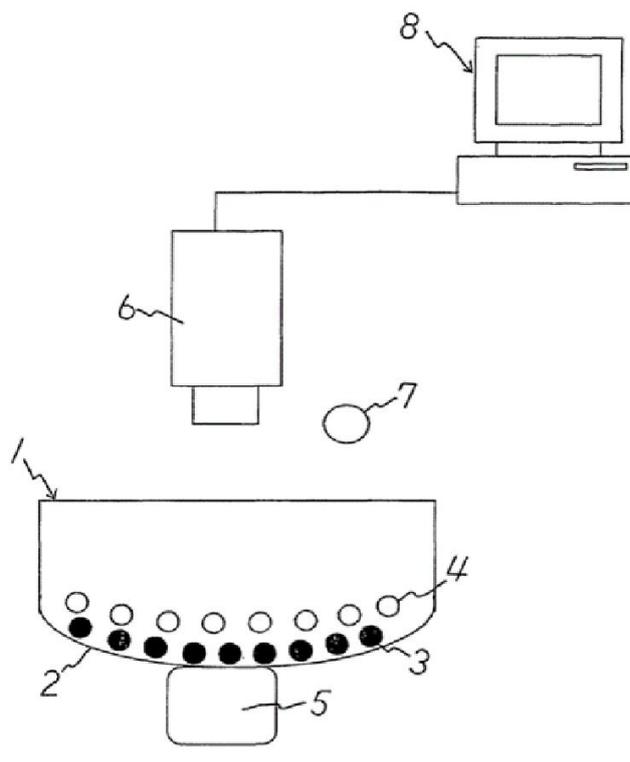


Рисунок 21 – Общая схема оптического тактильного датчика

Конструкция оптического тактильного датчика включает в себя чувствительную часть и фотографирующее устройство (позиция 6). Чувствительная часть состоит из прозрачного гибкого корпуса и множества групп окрашенных маркеров (позиции 3 и 4), расположенных внутри данного корпуса (позиция 1). В каждой группа маркеров имеет собственную окраску. Гибкий корпус может иметь произвольную искривленную поверхность (позиция 2). Поведение окрашенных маркеров, когда некоторый объект (позиция 5) касается искривленной поверхности гибкого корпуса, получается

как информация о маркерах в виде изображения с помощью фотографирующего устройства. Датчик дополнительно содержит устройство для восстановления распределения вектора силы, предназначенное для восстановления сил, приложенных к поверхности, на основе информации о поведении маркеров, которая получается на основе указанной информации о маркерах в виде изображения. Позициями 7 и 8 обозначены источник света и компьютер соответственно.

Технический результат заключается в возможности создания оптического тактильного датчика с произвольной искривленной поверхностью, позволяющего измерять трехмерное распределение вектора силы, который возможно использовать как тактильный датчик для манипулятора (руки робота).

Данную идею нельзя использовать в представленном виде. Для ее использования в конструкции робокара необходимо выбрать нужную форму поверхности соприкосновения с определенным элементом робокара. Также необходимо подобрать состав этой поверхности, который будет обладать необходимой упругостью [9].

На рисунке 4 представлена конструкция датчика, которая позволила бы использовать идею данного изобретения в работе робокара.

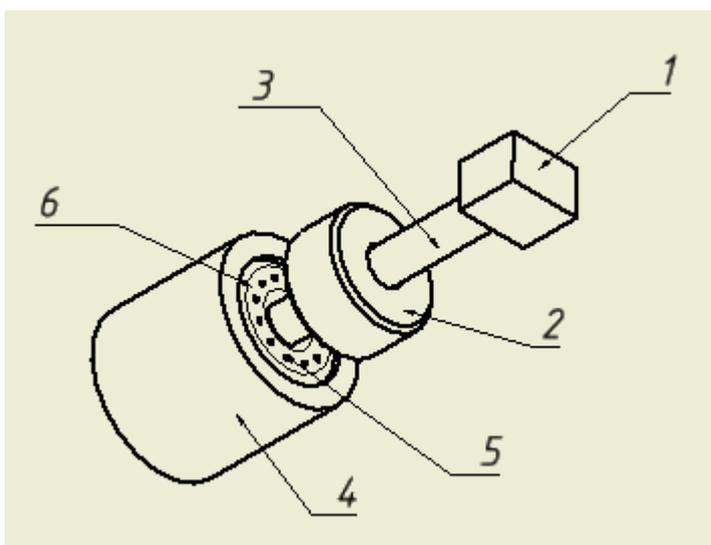


Рисунок 22 – Измененная конструкция оптического датчика вектора силы

На рисунке 22 позиции 1 соответствует место крепления панели солнечной батареи к датчику; позицией 2 обозначена система технического зрения, крепко посаженная на стержень с шаровым концом 3; позицией 6 обозначено упругое вещество в корпусе 4; упругое вещество имеет систему маркеров (позиция 5).

8.3 Шестикомпонентный измеритель-позиционер

На рисунке 23 представлен шестикомпонентный измеритель-позиционер.

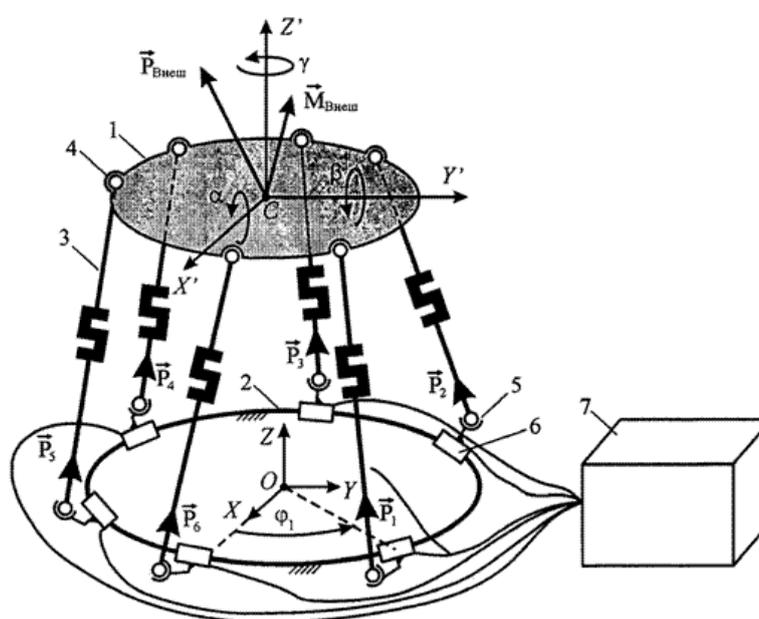


Рисунок 23 – Шестикомпонентный измеритель-позиционер

Шестикомпонентный измеритель-позиционер построен на основе механизма с параллельной кинематикой и содержит платформу (позиция 1), основание (позиция 2), шесть стержней (позиция 3) постоянной длины, двенадцать сферических шарниров платформы (позиция 4) и основания (позиция 5), шесть ползунов (позиция 6) и компьютерную систему сбора данных и позиционирования (позиция 7). Ползуны выполнены с возможностью перемещения по круговой направляющей основания относительно вертикальной оси более чем на 360° за счет работы модулей приводов (на схеме не показаны).

Шестикомпонентный измеритель-позиционер работает следующим образом. На платформу устанавливается и закрепляется некоторый объект. От компьютерной системы сбора данных и позиционирования на модули приводов поступают управляющие сигналы, задающие положения ползунов через угловые координаты (на схеме показана только координата φ_1) в неподвижной системе координат OXYZ. Ползуны перемещаются по круговой направляющей основания и изменяют положение шарниров, которые через стержни постоянной длины изменяют пространственное положение шарниров. Это приводит к изменению пространственной ориентации платформы. Далее приводы затормаживаются, и выполняется измерение возникающих в штангах 3 усилий \vec{P}_i ($i=1\dots 6$). Для этого используются 8-образные тензометрические датчики, входящие в конструкцию каждого стержня. Полученные при измерении данные пересылаются в компьютерную систему сбора и позиционирования для обработки. В качестве результата определяются значения проекций главного вектора системы сил $\vec{P}_{внеш}$ и главного момента системы сил $\vec{M}_{внеш}$, действующих на подвижную платформу устройства, а значит и на объект исследования.

Основное назначение данного устройства состоит в использовании его как в качестве измерителя сил и моментов, так и в качестве позиционера. Измеритель-позиционер обладает малыми габаритами, высокой жесткостью конструкции и высокой точностью измерения и позиционирования. Кроме того, устройство может применяться для создания нового оборудования с нетрадиционными компоновочными схемами, а также учебных стендов, иллюстрирующих работу современного оборудования с нетрадиционными компоновочными схемами.

Для задачи определения вектора силы, приложенному к центру масс панели солнечной батареи, необходимо меньше число стержней (на

рисунке 23 позиция 3). Кроме того, требуется некоторая модификация платформы (рисунок 23 позиция 1).

Данную систему можно использовать для измерения вектора силы для разрабатываемой системы, но данное решение является слишком сложным для решения поставленной задачи [10].

8.4 Альтернативная система измерения силы

Поскольку все найденные решения являются достаточно сложными с точки зрения реализации, был предложен альтернативный вариант системы измерения сил, представленный на рисунке 24.

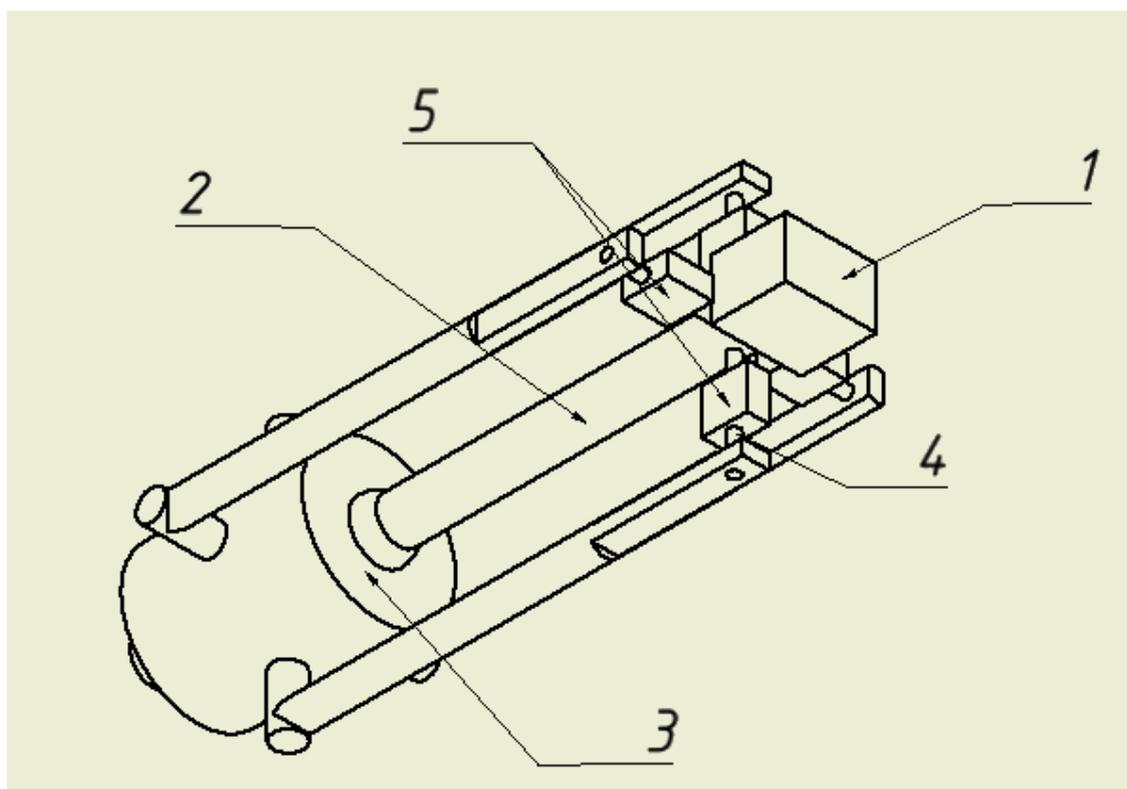


Рисунок 24 – Система измерения вектора силы

Элементы данной системы измерения вектора силы, представленного на рисунке 24, соответствуют следующим позициям:

- позиция 1 – устройство крепление к элементу обезвешивания БС,

- позиция 2 – стержень с шаровым концом,
- позиция 3 – опора системы измерения сил,
- позиция 4 – стержни фиксации датчиков силы,
- позиция 5 – датчики силы.

Устройство крепление к элементу обезвешивания БС (позиция 1) крепится жестко к стержню с шаровым концом (позиция 2). В свою очередь стержень с шаровым концом имеет шаровое соединение с опорой системы измерения вектора силы (позиция 3). При помощи опоры измерения вектора силы сама система измерения вектора силы крепится к роботау. Помимо этого данный структурный элемент имеет четыре вертикальных стержня, предназначенных для крепления к ним стержней фиксации датчиков (позиция 4), которые предназначены для фиксации датчиков силы (позиция 5) на системе измерения вектора силы.

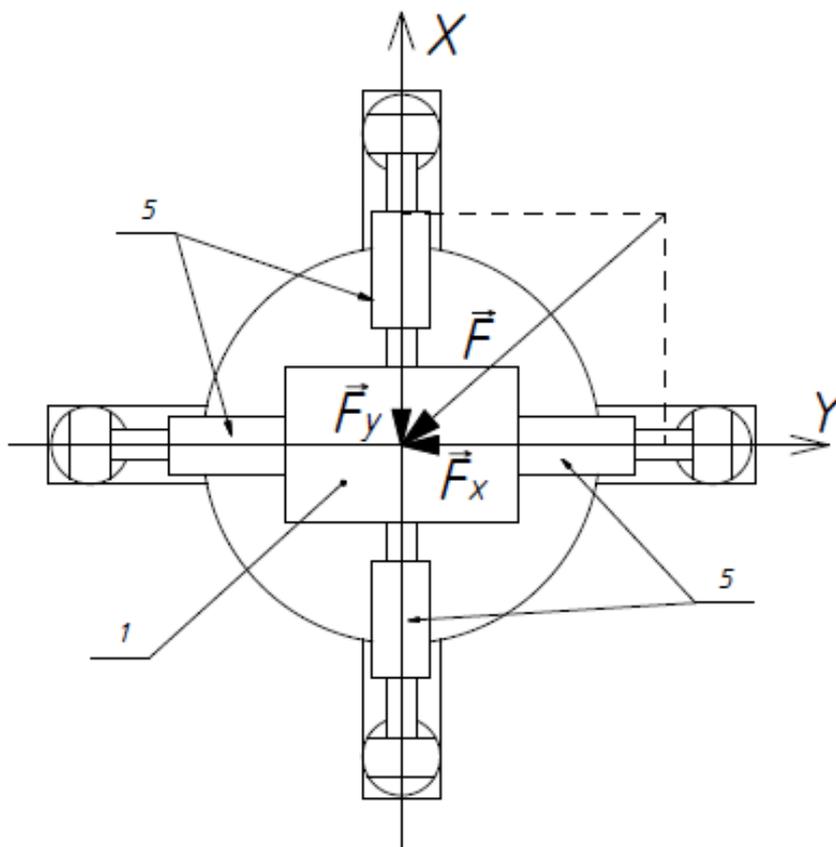


Рисунок 25 – Система измерения вектора силы

Для понимания принципа измерения вектора силы данным устройством обратимся к рисунку 25. Пусть некоторый произвольный вектор \vec{F} , лежащий в горизонтальной плоскости (горизонтальная плоскость перпендикулярна оси стержня с шаровым концом (на рисунке 1, позиция 2)) воздействует на систему измерения вектора силы через устройство крепление к элементу обезвешивания БС (позиция 1). Тогда эта сила будет воздействовать на датчики силы (позиция 5) через стержень с шаровым концом (на рисунке 1, позиция 5)). Датчики силы (позиция 5) попарно расположены на осях X и Y и при воздействии вектора \vec{F} фиксируют значения его проекций \vec{F}_x и \vec{F}_y на оси X и Y соответственно. Данные об этих проекциях передаются в блок управления (данные о каждой проекции вектора силы попарно усредняются, поскольку на каждой оси имеется по два датчика силы), где на их основе вычисляется модуль и направление вектора \vec{F} и на основе вычислений формируется управляющее воздействие на робокар.

Полагается, что датчики силы (позиция 5) способны работать на сжатие и растяжение.

Основным достоинством данной системы является простота. К ее недостатку следует отнести ее габаритные размеры, что приводит к необходимости использования различных кронштейнов (необходимо ориентироваться на расстояние между элементами обезвешивания БС, равное 20 мм).

9 Описание динамики движения робокара

9.1 Траектория движения робокара

Движение робокара должно представлять из себя по сути непрерывное позиционирование под движущимся по некоторой произвольной траектории центром масс обезвешиваемого элемента БС. Рассмотрим динамику такого движения, обратившись к рисунку 26.

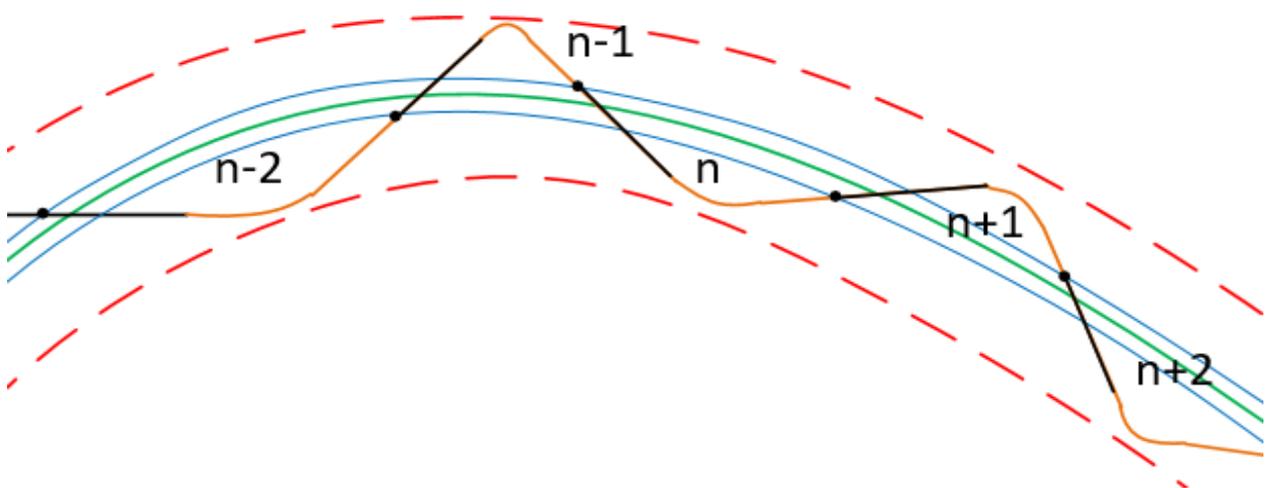


Рисунок 26 – Движение робокара за центром масс элемента обезвешивания БС

На рисунке 26 зеленым цветом изображена кривая, представляющая произвольную траекторию движения центра масс элемента обезвешивания БС. Между двумя синими линиями лежит зона нечувствительности системы измерения вектора силы. Двумя красными пунктирными линиями обозначена область допустимого отклонения робокара от траектории движения центра масс элемента БС (ошибка отклонения). Ломанной двухцветной линией обозначена траектория движения робокара.

Проанализируем особенности траектории движения робокара (рисунок 26). В произвольный промежуток времени система управления считывает данные с системы измерения вектора силы. Если обезвешиваемого элемент БС не воздействует на систему измерения силы с достаточным

усилием, не преодолев зону нечувствительности, то робокар остается неподвижным. Если же обезвешиваемый элемент БС начинает воздействовать на систему измерения силы с достаточным усилием, преодолевая зону нечувствительности, то система управления робокара на основе данных системы измерения силы формирует управляющее воздействие для шасси робокара. На рисунке 26 этим двум процессам (считыванию данных и формированию управляющего процесса) соответствуют черные отрезки. Затем шасси начинает обработку сформированного системой управления воздействия (коричневая линия). На рисунке *x* точками разделены между собой участки ломанной линии. Каждый такой участок иллюстрирует в себя процесс, заключающийся в следующем:

- выявление давления на систему измерения вектора силы со стороны элемента обезвешивания БС,
- формирование управляющего воздействия,
- обработка управляющего воздействия.

Каждый такой отдельный процесс на **рисунке *x*** обозначен индексом ***n***.

Таким образом, движение робокара за центром масс элемента обезвешивания БС представляет собой совокупность реализаций вышеописанных процессов.

9.2 Силы, действующие на робокар в процессе его функционирования

Рассмотрим силы, действующие на робокар в процессе его функционирования, обратившись к рисунку 27.

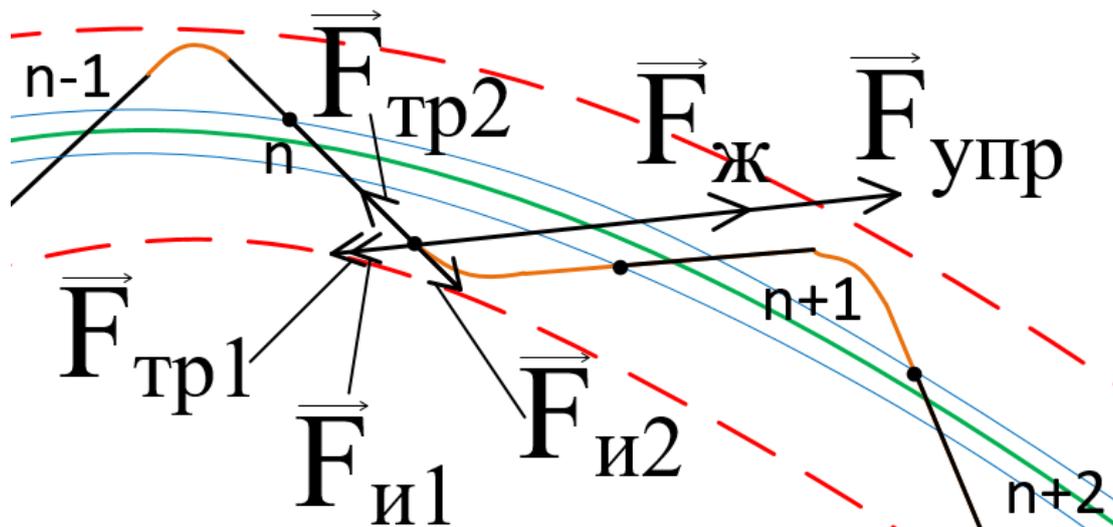


Рисунок 27 – Силы действующие на робокар в процессе его функционирования

На рисунке 27 применены следующие обозначения:

- $\vec{F}_{упр}$ – вектор управления,
- $\vec{F}_{тр}$ – вектор силы трения,
- $\vec{F}_{ж}$ – желаемый вектор силы со направленный с вектором силы датчика вектора силы,
- $\vec{F}_{и1}$ – вектор силы, необходимый для борьбы с инерцией робокара вдоль желаемой траектории движения,
- $\vec{F}_{и2}$ – вектор силы, необходимый для преодоления инерции, связанной с предыдущим процессом.

Таким образом, получаем систему векторных уравнений:

$$K \cdot \vec{F}_{ДВС} = \vec{F}_{ж}$$

$$\vec{F}_{И} = \vec{F}_{И1} + \vec{F}_{И2}$$

$$\vec{F}_{ж} = \vec{F}_{тр} + \vec{F}_{И} + \vec{F}_{упр}$$

$$\vec{F}_{упр} = \vec{F}_{ж} - \vec{F}_{тр} - \vec{F}_{И}$$

$$\vec{F}_{упр} = K \cdot \vec{F}_{ДВС} - \vec{F}_{тр} - \vec{F}_{И}$$

Для вектора силы управления $\vec{F}_{упр}$ будет справедливо следующее выражение:

$$\vec{F}_{упр} = \vec{a} \cdot M,$$

где M – масса робота; \vec{a} – его ускорение.

10 Ошибка позиционирования

Общая ошибка позиционирования робокара есть сумма ошибки управления и ошибки конструкционной составляющей:

$$E_{\text{общ}} = E_y + E_k.$$

Конструкционная составляющая ошибки будет зависеть от точности исполнения деталей шасси робокара.

Ошибка управления будет зависеть в общем случае от двух факторов:

- 1) максимальная скорость линейного перемещения робокара V ,
- 2) длительности итерации управления T ,
- 3) чувствительности датчиков силы.

Максимальная требуемая скорость линейного перемещения робокара V известна и равняется 1 м/с.

Длительность итерации T управления включает следующие временные составляющие:

- $t_{\text{дс}}$ – время опроса датчиков силы. За данный временной промежуток должны быть получены значения величин двух проекций вектора силы в цифровом виде,

- t_y – время расчета управляющего воздействия. За данный промежуток времени должны быть рассчитаны желаемый вектор силы, управляющий вектор силы, а так же произведено распределение управляющего воздействия на три составляющих управляющих воздействия на каждый из приводов,

- t_n – время отработки шасси управляющего воздействия.

Таким образом, справедливо следующее выражение:

$$E_y = V \cdot T = (t_{\text{дс}} + t_y + t_n) \cdot V.$$

Откуда можно выразить длительность итерации T :

$$T = t_{dc} + t_y + t_n = \frac{E_y}{V}.(1)$$

Таким образом, необходимо ориентироваться на максимально допустимую ошибку позиционирования.

Наибольшая составляющая времени итерации T – это время отработки управляющего воздействия шасси.

Для отработки управляющего вектора силы системой приводов требуется определенное время. Чем меньше масса робокара M , тем быстрее система приводов сможет отработать управляющее воздействие. Обратим внимание на выражение (1) и сопоставим с вышеизложенным фактом. Получим, что уменьшение времени отработки управляющего воздействия системой приводов приведет к уменьшению времени итерации, скорость линейного перемещения постоянна, следовательно, минимизация массы робокара M будет способствовать минимизации времени итерации и в результате точности.

Вывод: чтобы приступить к синтезу системы управления, необходимо выяснить желаемое время работы, которое будет равняться:

$$T - t_n = t_{dc} + t_y.$$

Следовательно, для вычисления этого времени необходимо руководствоваться ошибкой позиционирования конструкционной составляющей E_y (формула (1)), а так же временем отработки управляющего воздействия t_n .

Для вычисления последнего параметра необходимо знать максимальное ускорение центра масс a и массу робокара M . Масса робокара должна быть минимальной.

11 Алгоритм работы робокара

На рисунке 28 представлен алгоритм работы робокара в виде блок-схемы.

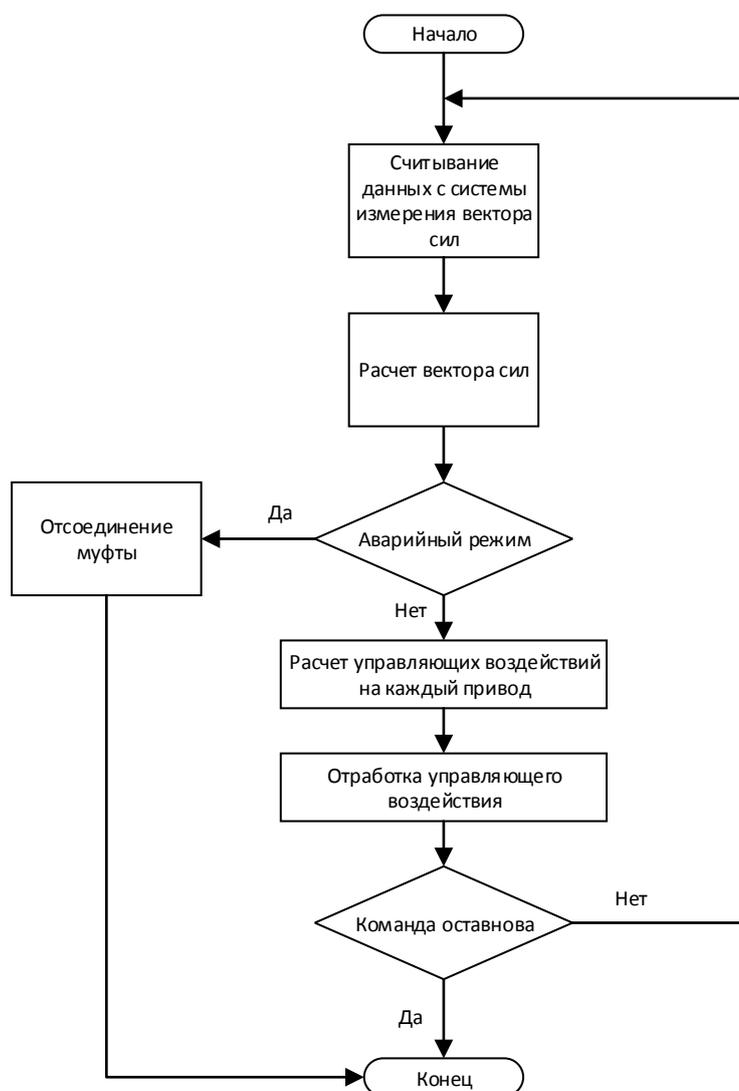


Рисунок 28 – Алгоритм работы робокара

Как видно из рисунка 28 робокар начинает свое функционирование со считывания данных с системы измерения вектора сил. Затем производится расчет вектора силы и производится его анализ на предмет аварийной ситуации. Аварийная ситуация будет возникать в том случае, когда в течении определенного промежутка времени показания с системы измерения вектора силы будут превышать заданное значение. Отработка аварийной ситуации

заключается в отсоединении всенаправленных колес робокара от приводов при помощи муфты (смотрите раздел 14.2), и робокар начинает функционировать как пассивная подвижная опора.

В случае, если аварийной ситуации не обнаружено, система управления робокаром рассчитывает управляющее воздействие для каждого из колес робокара.

После передачи управляющего воздействия робокар его отрабатывает.

В случае отсутствия принудительного останова робокар продолжает работу.

12 Функциональная схема робокара

На рисунке 29 представлена функциональная схема робокара.

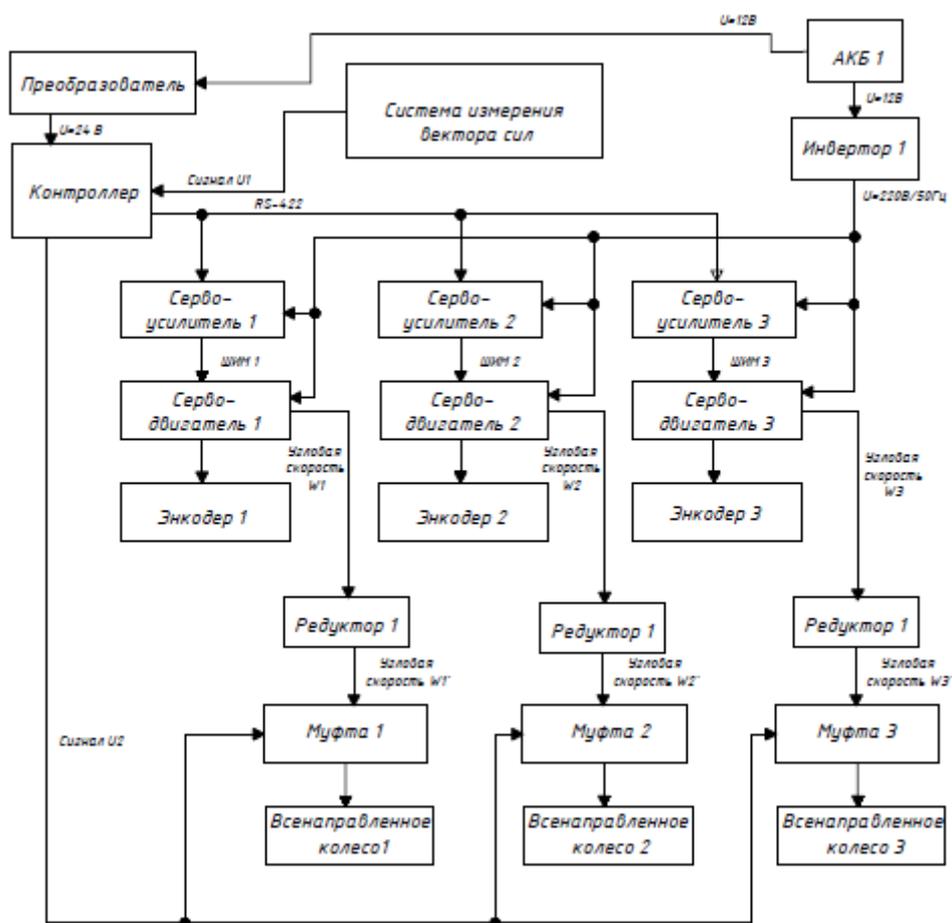


Рисунок 29 – Функциональная схема робокара

Согласно представленной на рисунке 29 функциональной схеме его работа осуществляется следующим образом. Контроллер, получив данные с системы измерения вектора сил, формирует управляющие воздействия для сервоприводов. Управляющие воздействия передаются в сервоусилители посредством интерфейса RS-422. Сервоусилители генерируют ШИМ-сигналы для серводвигателей. Серводвигатели через муфты и редукторы передает угловые скорости всенаправленным колесам. Муфты предназначены для аварийного режима, которые по команде контроллера разъединяют редуктор и всенаправленное колесо.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8EM51	Трапп Сергей Андреевич

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150406 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ. |
| 2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | |
| 3. Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей):</i> | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Альтернативы проведения НИИ</i> 2. <i>График проведения и бюджет НИИ</i> 3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i> | |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Трапп Сергей Андреевич		

14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

14.1 Планирование научно-исследовательских работ

14.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

С целью проведения научно-исследовательской работы была создана группа, состоящая из студента-дипломника и научного руководителя. Перечень работ и продолжительность их выполнения систематизированы в таблицу 4.

Таблица 4– перечень работ и их продолжительность

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Сбор информации об объекте обезвешивания, о процессах обезвешивания	НР,И	И – 100%
Проведение патентного исследования систем обезвешивания в российской патентной базе данных	НР, И	НР – 100% И – 100%
Проведение патентного исследования шасси робокара в российской патентной базе данных	И	И – 100%
Проведение патентного исследования шасси робокара в зарубежных патентных базах данных	И	И – 100%
Проведение патентного исследования системы измерения сил в российской патентной базе данных	НР, И	И – 100% НР – 70%
Разработка структуры и конфигурации робокара	И	И – 100%
Разработка общих алгоритмов работы робокара	И	И – 100%
Разработка функциональной и операторно-структурной схем робокара	И	И – 100%
Аналитико-расчетная работа на предмет возможности построения робокара с использованием имеющегося оборудования	И	И – 100%
Разработка возможной конфигурации робокаров, пригодной для процесса	И	И – 100%

обезвешивания		
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 100%

14.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемы значений продолжительности работ $t_{ож}$ воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) основывается на ожидаемой трудоемкости работ и вычисляется по нижеприведенной формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д},$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, в днях;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

В случае выполнения данной работы коэффициенты $K_{ВН}$ и $K_{Д}$ принимали следующие значения: коэффициент $K_{Д}$ принимал значение, равное 1,1, а $K_{ВН} = 1$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}},$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (для шестидневной рабочей неделе)

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}},$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 10$).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2.1 приложения 2.

В таблице 2.2 приложения 2 представлен линейный график работ.

14.1.3 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i -го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TR_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TR_i (TR_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TR_{iH} – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется следующей формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}$$

Применительно к таблице (XX) величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{общ.}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчет накопленной трудоемкости работ и степени готовности темы приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,243074	2,243074
Сбор информации об объекте обезвешивания, о процессах обезвешивания	16,31326	18,55634
Проведение патентного исследования систем обезвешивания в российской патентной базе данных	11,01145	29,56779
Проведение патентного исследования шасси робокара в российской патентной базе данных	17,33284	46,90063
Проведение патентного исследования шасси робокара в зарубежных патентных базах данных	25,48947	72,3901
Проведение патентного исследования системы измерения сил в российской патентной базе данных	9,359434	81,74954
Разработка структуры и конфигурации робокара	1,733284	83,48282
Разработка общих алгоритмов работы робокара	0,713705	84,19653
Разработка функциональной и операторно-структурной схем робокара	0,713705	84,91023
Аналитико-расчетная работа на предмет возможности построения робокара с использованием имеющегося оборудования	2,752863	87,6631
Разработка возможной конфигурации робокаров, пригодной для процесса обезвешивания	2,956779	90,61987
Оформление расчетно-пояснительной записки	2,243074	92,86295
Оформление графического материала	5,709642	98,57259
Подведение итогов	1,42741	100

14.2 Расчет материальных затрат

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- заработная плата;
- социальный налог;
- расчет затрат на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи.

14.2.1 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

В процессе выполнения данной работе принимали участия следующие лица:

- научный руководитель (доктор наук) с окладом 33162.87 рублей в месяц,
- исполнитель (младший научный сотрудник) с окладом 14874.45 рублей в месяц.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ZП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-г}} = MO/24,83$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 8. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе.

Таблица 6 - Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Средне-дневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коеф.	Фонд з/платы, руб.
НР	33162.87	1335,59	32	1,699	72613,74
И	14874.45	619,77	185	1,62	185744,69
Итого:					258358,43

14.2.2 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 258358,43 \cdot 0,3 = 77505,53$ рублей.

14.2.3 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию,

потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}},$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{Э}} = 5,782$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В рамках выполнения данной работы примем коэффициент использования оборудования по времени равным 0,95.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C,$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Ниже представлен расчет затрат на электроэнергию.

$$\begin{aligned} C_{\text{эл.об.}} &= P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C \cdot T_{\text{рд}} \cdot K_t \cdot Ц_{\text{Э}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 185 \cdot 8 \cdot 0,95 \cdot 5,782 = \\ &= 4064,75 \text{ руб.} \end{aligned}$$

14.2.4 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула следующая формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_D},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования (в нашем случае $n=1$).

Из оборудования в процессе работы использовался только ноутбук.

Срок амортизации ПК = 3 года, следовательно, годовая норма амортизации $N_A = \frac{1}{3}$.

Примем балансовая стоимость ноутбука $C_{OB} = 35\,500$ руб.

Фактическое время работы $t_{pф} = 185 \cdot 8 = 1480$ часов.

У младший научного сотрудника пятидневная рабочая неделя, следовательно $F_D = 248 \cdot 8 = 1984$ часа.

Тогда получим:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_D} = \frac{1}{3} \cdot 35500 \cdot 1480 \cdot 1 = 8827,28 \text{ руб.}$$

14.2.5 Командировочные расходы

Время пребывания в командировке составило 32 календарных дня (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 750 руб./месяц. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 5440 руб. Итого по данному пункту $C_{км} = 750 + 5440 = 6190$ руб.

14.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{AM} + C_{км.}) \cdot 0,1 = (258358,43 + 77505,53 + 4064,75 + 8827,28 + 6190) \cdot 0,1 = 35494,6 \text{ руб.}$$

14.2.7 Расчет общей стоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. В таблице 7 представлена смета затрат на разработку проекта.

Таблица 7 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{зп}$	258358,43
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	77505,53
Затраты на электроэнергию	$C_{эл.об}$	4064,75
Амортизационные отчисления	C_{AM}	8027,28
Командировочные расходы	$C_{пр}$	6190
Прочие расходы	$C_{проч}$	35494,6
Итого:		389 640, 59

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 389640,59$ руб.

14.3 Оценка экономической эффективности проекта

Экономическая эффективность данного проекта заключается в уменьшении временных затрат на испытания БС при наземных испытаниях раскрытия (при использовании традиционных систем обезвешивания подготовка испытательного стенда к эксплуатации может занять около 15-30 дней, а данная разработка может позволить уменьшить это время до 3-5 дней). Следствием уменьшения временных затрат на испытание БС является уменьшение производственного цикла изготовления космического аппарата, что увеличивает производственные возможности предприятия. Кроме того, менее длительная эксплуатация комплекса испытательного оборудования требует меньших материальных расходов. В рамках данной работы нельзя дать численную оценку экономической эффективности проекта ввиду отсутствия соответствующих данных.

14.3.1 Оценка научно-технического уровня

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

где I_{HTU} – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Данную разработку по уровню новизны следует отнести к новым (7 баллов), по теоретическому уровню полученных результатов следует поставить 7 баллов, и возможно данную разработку реализовать в течении первых лет (8 баллов).

Таким образом, расчет K_{HTU} примет следующий вид:

$$K_{HTU}=0,4 \cdot 7+0,1 \cdot 7+0,5 \cdot 8=7,5$$

Как видно из расчета, показатель уровня научно экономического эффекта занимает место между средним и высоким уровнями [13].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8EM51	Трапп Сергей Андреевич

Институт	ИК	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является робокар с управлением по вектору силы, предназначенный для обезвешивания батарей солнечных космических аппаратов в процессе наземного испытания раскрытия
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты). 	<p>Факторы производственной среды и производственного процесса:</p> <ul style="list-style-type: none"> – шум на рабочем месте; – отклонение показателей микроклимата; – электромагнитные излучения; – освещённость рабочей зоны – электрический ток – движущиеся механизмы и детали – токсическое воздействие на органы дыхания
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Негативного воздействия разрабатываемого объекта(методика) на окружающую среду не происходит, т.к. разрабатываемый объект не является материальным.</p> <p>В работе проведён анализ негативного воздействия на литосферу, возникающего при утилизации неисправного оборудования(сломанные компьютеры, периферийные устройства, лампы и т.д.) и бытового мусора(отходы от печати), возникающего в процессе исследования.</p>

	В работе приведен анализ влияния выхлопных газов автомобилей при его работе в процессе снятия вибросигнала для его дальнейшей обработки.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Существует вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Трапп Сергей Андреевич		

Введение

Представленная научно-исследовательская работа направлена на исследование известных решений по обезвешиванию БС космических аппаратов в процессе наземных испытаний горизонтального раскрытия БС, анализ возможности применения робокара в этом процессе, разработку общей конструкции робокара и алгоритмов его работы. Следовательно, данная работа соответствует варианту 3-1 - теоретическая разработка технологии, алгоритма, методики приложения.

15. Производственная безопасность

15.1 Факторы производственной среды и производственного процесса

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы, которые может создать робокар, систематизированы в таблицу 8.

Таблица 8– Опасные и вредные факторы при эксплуатации робокара

Источник факторов, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Неправильное подключение питания аккумуляторов		<ul style="list-style-type: none"> Поражение электрическим током 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
Неправильное подключение преобразователя напряжения		<ul style="list-style-type: none"> Поражение электрическим током 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
Неправильное подключение блоков управления	<ul style="list-style-type: none"> Шум и вибрация 	<ul style="list-style-type: none"> Поражение электрическим током 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация

С целью минимизации вредных и опасных факторов необходимо разработать инструкции по эксплуатации робокара, по подключению его оборудования.

В рамках представленной работы все исследования проводились на персональном компьютере. Работой с персональным компьютером и обусловлены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. Они систематизированы в таблицу 9.

Таблица 9 – Вредные и опасные факторы на рабочем месте при проведении исследований

Источник факторов, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за персональным компьютером	<ul style="list-style-type: none"> • повышенная утомляемость глаз; • монотонность труда; • несоответствующий нормам микроклимат; • электромагнитное излучение. 		<ul style="list-style-type: none"> • СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» • СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

В целях профилактики повышенной утомляемости глаз необходимо на каждый час работы за персональным компьютером предусматривать пятнадцатиминутный перерыв. Эта же мера применима для профилактики монотонности труда.

Исследования велись в 10-м корпусе ТПУ в 106 аудитории.

В данном случае главным мероприятием по защите исследователя от вредных и опасных факторов является создание необходимого микроклимата. Микроклимат производственных помещений — метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями

температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Показатели микроклимата: температура воздуха и его относительная влажность, скорость его движения, мощность теплового излучения [14], [15].

По степени физической тяжести работа, выполняемая инженером-проектировщиком, относится к категории легких работ. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548-96, предоставлены в таблице 8.

Таблица 8 - Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений (работа за персональным компьютером)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а (до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а (до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

В таблице 9 представлены нормы подачи свежего воздуха, определенные в соответствии с характеристикой помещения [16].

Таблица 9 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

Освещённость — физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на эту поверхность. Освещённость измеряется в Люксах (СИ) и обозначают её буквой E.

Правильная освещенность оказывает исключительно положительное влияние на организм человека в процессе трудовой деятельности. Оно оказывает тонизирующее действие, улучшает настроение, способствует увеличению работоспособности.

Недостаточная освещенность чревата головными болями, вызванными усталостью глаз.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы; равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и отсутствие резких теней; величина освещения постоянна во времени (отсутствие пульсации светового потока); оптимальная направленность светового потока и оптимальный спектральный состав; все элементы осветительных установок должны быть взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любых типов помещений. Согласно СНиП 23-05-95, такие помещения должны определенным требованиям, указанным в таблице В.1. В таблице В.1. двумя звездочками ** отмечено нормируемое значение объединенного показателя дискомфорта в помещениях при направлении линии зрения преимущественно вверх под углом 45° и более к горизонту и в помещениях с повышенными требованиями к качеству освещения (спальные комнаты в детских садах, яслях, санаториях, дисплейные классы в школах, средних специальных учебных заведениях и т.п.).

Согласно ГОСТ 12.1.003–83 в 106 аудитории 10 корпуса ТПУ, которая является рабочем местом в данном случае, шум классифицируется как постоянный. Шум характеризуется уровнем звукового давления в активной

полосе частот.

Повышенный уровень шума оказывает негативное влияние на работоспособность и производительность человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и так далее. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот, приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [17].

В таблице 10 приведены предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для работы, связанной с научной деятельностью и конструированием, а также других видов работ(прочие виды работ не указаны, поскольку не представляют интереса с точки зрения данной ВКР).

Таблица 10 - Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для работ, требующих высокой степени внимания и концентрации

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Научная и конструкторская работы	86	71	61	54	49	45	42	40	38	80	

В качестве источника электромагнитного излучения в данном случае выступает персональный компьютер.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03, предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц, не должны превышать значений, приведенных в таблице 11.

Таблица 11 - ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц

Диапазоны частот	Предельно допустимые уровни энергетической экспозиции		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \times ч$	По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \times ч$
30 кГц – 3 МГц	20000,0	200,0	-
3 – 30 МГц	7000,0	-	-
30 – 50 МГц	800,0	0,72	-
50 – 300 МГц	800,0	-	-
300 МГц – 300 ГГц	-	-	200,0

Для снижения негативного воздействия электромагнитного излучения использовались жидкокристаллические мониторы. Поскольку степень воздействия электромагнитного излучения обратно пропорциональна расстоянию от объекта излучения, необходимо соблюдать оптимальное расстояние относительно этого объекта. Для монитора до глаз оптимальное расстояние следующее: 50 – 100 см.

Помимо этого, при работе с персональным компьютером необходимо соблюдать режим отдыха глаз. Он заключается в пятнадцатиминутном отдыхе после часа работы на компьютере [22] .

15.2 Экологическая безопасность

При эксплуатации аудитории, в которой выполнялась ВКР, имели место два вида загрязнения окружающей среды: прямой и косвенный.

Прямой вид загрязнения связан с утилизацией мусора и рабочего оборудования. К мусору в данном случае относится ненужная макулатура. К рабочему оборудованию – различные структурные технические элементы персонального компьютера. Макулатура утилизировалась как бытовой отход, а для утилизации компьютерной техники необходимо соблюдать следующую последовательность:

1. Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте компьютерной техники, о чем имеется акт технического осмотра;

2. Осуществление списания перечисленной в акте компьютерной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

3. Непосредственно утилизация компьютерной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы. Количество деталей, содержащих драгоценные металлы, оформляется отдельным актом.

При оценке косвенных загрязнений следует, что компьютер потребляет электроэнергию. Следовательно, к косвенным факторам загрязнения окружающей среды при выполнении ВКР следует отнести выбросы в окружающую среду, связанные с выработкой электроэнергии.

15.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 [25] и ГОСТ 12.1.010-76[26].

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Аудитория, в которой выполнялась работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;
- курение в неположенных местах.

Электрооборудование предпочтительно тушить углекислотными огнетушителями, поскольку, в отличие от порошковых, они способны тушить электрооборудование напряжением до 10000 вольт (порошковые до 1000вольт).

Для предупреждения возможности возникновения пожара необходимо соблюдать следующий комплекс мер:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводится влажная уборка всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из корпуса с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;

- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Немаловажны следующие организационные мероприятия:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

Если пожар не удастся ликвидировать средствами первичного пожаротушения, необходимо покинуть помещение и вызвать пожарную охрану. Помещение необходимо покидать согласно плану эвакуации. План эвакуации представлен на рисунке 43.

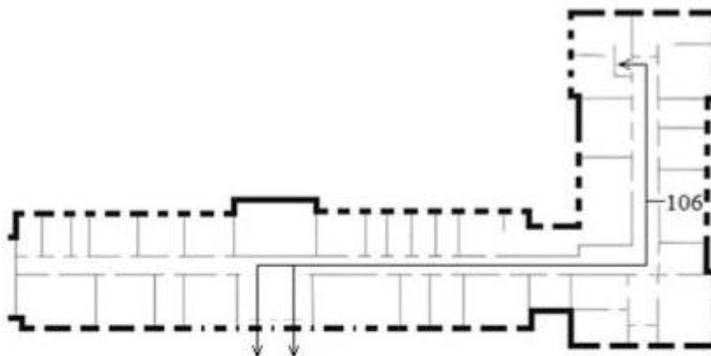


Рисунок 43 - План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2 - 1 этаж.

15.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

15.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно трудовому кодексу РФ [15] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.
- не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену;
- рекомендуется делать перерывы в работе за ПК продолжительностью 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы;
- продолжительность непрерывной работы за компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.
- при работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 ч), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов следует увеличивать на 30 %.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за производством и эксплуатацией ПЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил осуществляется производителем и поставщиком ПЭВМ, а также предприятиями и организациями, эксплуатирующими ПЭВМ.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм. К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

15.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Необходимо организовывать рабочее место таким образом, чтобы все необходимые предметы труда находились в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда в зонах досягаемости представлено на рисунке 44.

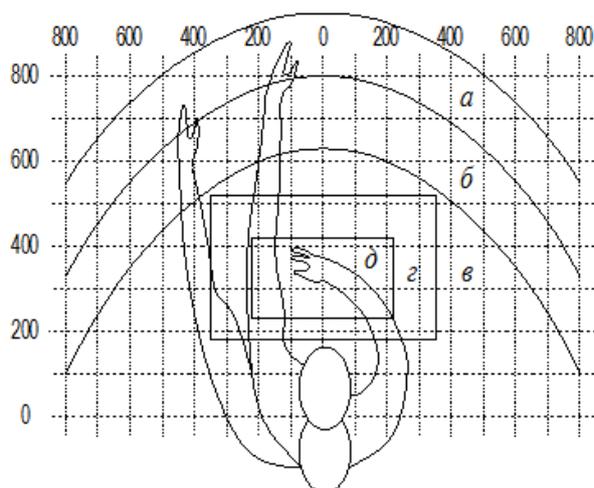


Рисунок 44 - Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

На рисунке 44 введены следующие обозначения:

а – зона максимальной досягаемости;

б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в – зона легкой досягаемости ладони;

г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Эргономика рабочего пространства должна соответствовать СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, что позволит повысить удобство и комфорт работы [27], [28].

Список публикаций студента

Название	Библиографическое описание	URL
<p>Конструирование ориентирующей и позиционирующей частей манипулятора системы автоматического прокола вены</p>	<p>Трапп С. А. Конструирование ориентирующей и позиционирующей частей манипулятора системы автоматического прокола вены / С. А. Трапп ; науч. рук. Б. И. Пякилля // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 265-266].</p>	<p>http://earchive.tpu.ru/handle/11683/16927</p>
<p>Проектирование управляющего звена в системе поворота антенн космического аппарата на базе программируемого логического контроллера Siemens S7-1200</p>	<p>Трапп С. А. Проектирование управляющего звена в системе поворота антенн космического аппарата на базе программируемого логического контроллера Siemens S7-1200 / С. А. Трапп, В. Е. Маслов // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых : сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, г. Томск, 22-24 апреля 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 299-303].</p>	<p>http://earchive.tpu.ru/handle/11683/19426</p>

Заключение

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы были произведены патентные исследования существующих систем обезвешивания батарей солнечных при наземных испытаниях раскрытия.

Помимо этого, сбор информации о существующих системах обезвешивания проводился в процессе прохождения научно-исследовательской практики компании АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика Михаила Федоровича Решетнёва».

На основе результатов патентного исследования были разработаны эскизы системы робокаров, предназначенных для обезвешивания батарей солнечных при их наземных испытаниях раскрытия в системе автоматического проектирования Autodesk Inventor.

Кроме того, был разработан алгоритм работы робокара и его функциональная схема.

Список литературы

1. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU2376217C1 [Электронный ресурс] URL http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d30622ba53083f058f5132a6b685eb5b. Дата обращения: 22.01.2017.

2. Информационный ресурс «<https://www.uspto.gov>». «The United States Patent and Trademark Office» United States Patent: 6,802,381 [Электронный ресурс] URL <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnetahtml%2FPTO%2Fsearch-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN%2F6802381>. Дата обращения: 22.01.2017.

3. Информационный ресурс «<https://www.uspto.gov>». «The United States Patent and Trademark Office» United States Patent: 6,802,381 [Электронный ресурс] URL <http://pdfpiw.uspto.gov/.piw?Docid=08496299&homeurl=http%3A%2F%2Fpatft.uspto.gov%2Fnetacgi%2Fnph-Parser%3FSect1%3DPTO2%2526Sect2%3DHITOFF%2526u%3D%25252Fnetahtml%25252FPTO%25252Fsearch-adv.htm%2526r%3D46%2526f%3DG%2526l%3D50%2526d%3DPTXT%2526p%3D1%2526S1%3DB60B19%25252F003.CPC.%2526OS%3DCPC%2FB60B19%2F003%2526RS%3DCPC%2FB60B19%2F003&PageNum=&Rtype=&SectionNum=&idkey=NONE&Input=View+first+page>. Дата обращения: 22.01.2017.

4. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU 2554905C [Электронный ресурс] URL

http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2554905&TypeFile=html Дата обращения: 22.02.2017.

5. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU2424891C1 [Электронный ресурс] URL http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1496303422693 Дата обращения: 22.02.2017.

6. Информационный ресурс «<https://www.uspto.gov>». «The United States Patent and Trademark Office» United States Patent: 6,802,381 [Электронный ресурс] URL <http://pdfpiw.uspto.gov/.piw?Docid=08496299&homeurl=http%3A%2F%2Fpatft.uspto.gov%2Fnetacgi%2Fnph-Parser%3FSect1%3DPTO2%2526Sect2%3DHITOFF%2526u%3D%25252Fnetahtml%25252FPTO%25252Fsearch-adv.htm%2526r%3D46%2526f%3DG%2526l%3D50%2526d%3DPTXT%2526p%3D1%2526S1%3DB60B19%25252F003.CPC.%2526OS%3DCPC%2FB60B19%2F003%2526RS%3DCPC%2FB60B19%2F003&PageNum=&Rtype=&SectionNum=&idkey=NONE&Input=View+first+page>. Дата обращения: 22.01.2017.

7. Информационный ресурс «<http://www.robotdigg.com>». «RobotDigg: 6,802,381 [Электронный ресурс] URL <http://www.robotdigg.com/news/114/Omni-wheel-vs-mecanum-wheel> Дата обращения: 22.02.2017.

8. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU 2 190 199 C1 [Электронный ресурс] URL http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1496303422693 Дата обращения: 22.02.2017.

9. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU2 358 247 С1 [Электронный ресурс] URL http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2358247&TypeFile=html1496303422693 Дата обращения: 22.02.2017.

10. Информационный ресурс «<http://www1.fips.ru>». «Патентная база данных федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» Патентный номер: RU140 220С1 [Электронный ресурс] URL http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=140220&TypeFile=html Дата обращения: 22.02.2017.

11. Интернет-магазин «<http://sibcontact.com>». «ИС-12-3000 инвертор DC-AC» [Электронный ресурс] URL http://sibcontact.com/eshop/preobrazovateli-napryazheniya/vhodnoe-napryazhenie-12v/inventory_is_is2_is3/is-12-3000/ Дата обращения: 22.04.2017.

12. Интернет-магазин «<http://www.220-volt.ru>». «Аккумулятор автомобильный VARTA BLUE dynamic 540 126 033» [Электронный ресурс] URL <http://www.220-volt.ru/catalog-123692/> Дата обращения: 23.04.2017.

13. Конотопский В.Ю. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций для всех специальностей ИК. Изд. ТПУ, 2015 г., 29 стр.

14. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

15. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

16. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

17. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
18. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности труда.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
20. Действия ЭМП на организм человека. Сборник лекций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://studopedia.net/13_166967_deystviya-emp-na-organizm-cheloveka.html. Свободный.
21. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
22. Информационный портал «otravleniya.net». «Отравления парами бензина». [Электронный ресурс] URL: <http://otravleniya.net/ximicheskie-otravleniya/otravlenie-benzinom.html>. Дата обращения: 22.05.2017.
23. Утилизация компьютерной техники. «Промышленность России». [Электронный ресурс]. URL: http://hromax.ru/utilizatsiya_kompyuternoy_tehniki.html. Дата обращения: 17.04.2017.
24. Информационный портал «www.eprussia.ru». Дубровин Е., Дубровин И. Энергетика и промышленность России [Электронный ресурс] URL: <http://www.eprussia.ru/epr/106/8253.htm>. Дата обращения: 17.04.2017.
25. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
26. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
27. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
28. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы.

Приложение 1
(рекомендованное)

Patent research report of Robocar's wheel system

Alternative system for measuring forces

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8EM51	Трапи Сергей Андреевич		

Консультант кафедры СУМ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рудницкий В.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Бутакова Т.И.			

1. Report on patent research of a Robocar's wheel system

The patent wheel system Robocar's study has been aimed at finding either the finished structures of the wheel system, or search drive systems on the basis of which you can create your own design wheel system that allows you to solve the problem.

Analyzing the algorithms of the disclosure panels of a solar battery (SB) of different satellites, we can formulate the main requirement for the wheel system to design the Robocar: it must have three controllable degrees of freedom, that is to be holonomic.

The database of patent information was selected primarily due to the reasons that the country that was the owner of a particular patent databases, had advanced technology in robotics and a large number of implemented projects in this area.

If in a particular country a number of projects related to a specific field of knowledge are being implemented, in this country, scientists in other countries will obviously seek to register their patents related to this field of knowledge. Due to the above reason, the patent databases of the two countries: Japan and USA (in addition to the Russian base) have been chosen.

That is why, a patent search has been carried out in three patent information databases:

- Russian – Federal Institute of Industrial Property (FIPS);
- American – United States Patent and Trademark Office (USPTO);
- Japanese – Patent Abstracts of Japan (PAJ).

Table 1 presents the group of the international patent classification containing some possible solutions.

Table 1.1 Group of international patent classification.

Group Number	Name of Group
B25J 5/00	Manipulators mounted on wheels
B60B 19/00	Wheels not otherwise provided for or having characteristics

	specified in one of the sub-groups of this group
B62D 15/00	Vehicle propulsion other than conventional wheels or tracks, separately or in addition to wheels or tracks (sled B 62B; self-propelled sleds B 62M)
B62D 57/00	Vehicles characterized by having other propulsion or other ground- engaging means than wheels or endless track, alone or in addition to wheels or endless track
B62D 61/00	Motor vehicles or trailers, characterized by the arrangement or number of wheels, not otherwise provided for, e.g. four wheels in diamond pattern

Below are considered and analyzed in detail the solutions of interest for the implementation of this project.

1.1 Drives and wheel system with spherical wheels

The working principle of actuators with spherical wheels is to transmit in a different way spherical wheel torque, allowing the wheel system to move along a specific vector. Figures 1-3 presents some sort of drive and wheel system built using this type of drive.

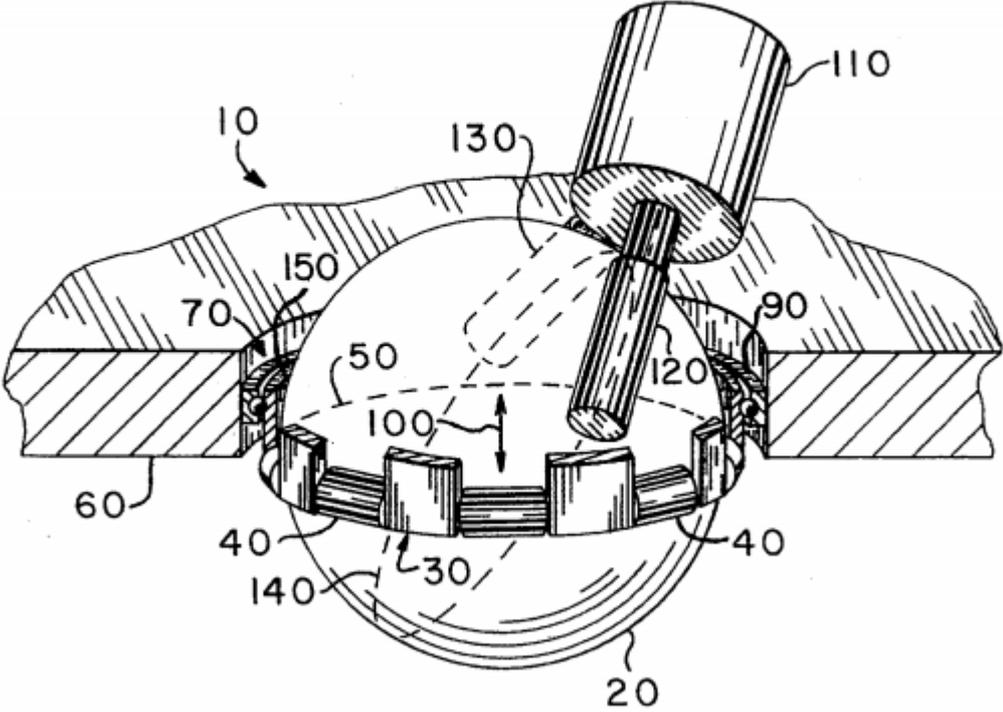


Figure 1. Movable Spherical Mechanism

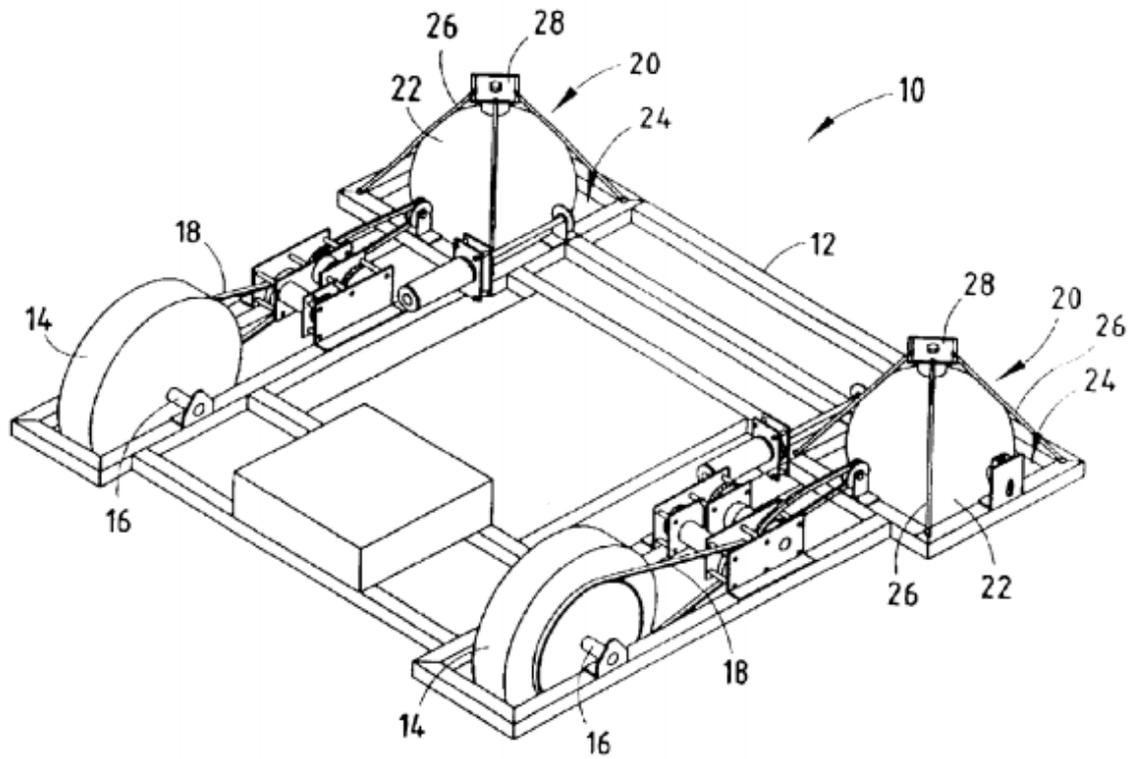


Figure 2. Wheel System, Built Using the Actuator with a Spherical Wheel

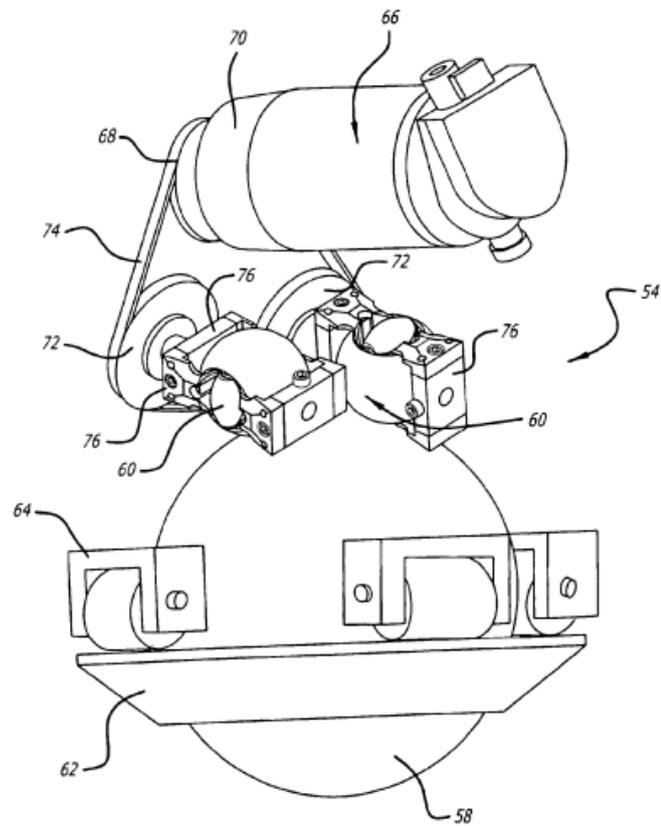


Figure 3. Drive Part of Holonomic Platform

The advantage of using the spherical wheel is the following: the spherical wheel does not require a preliminary orientation to change the direction of motion.

Below are the disadvantages of using the spherical wheel:

- manufacturing complexity;
- use of friction transmission, which has a variability of gear ratio due to slippage;
- small area of contact with the surface of the movement (in theory the contact area is a point).

The last two limitations impose a restriction on the speed control robocar with a wheel system, implemented with a considered type of drives: to avoid an abrupt change in speed, since the friction transmission to change its drive ratio in unpredictable ways: it is necessary to avoid an abrupt change in speed, since the friction transmission to change its drive ratio in unpredictable ways, and a small contact area with the surface displacement after a sudden change of speed will allow you to slide the Robocar into force of the inertial properties of its design.

1.2 Drives and wheel system with hemispherical wheels

Examples of the drive and the wheel system with the hemispherical wheel are shown in Figures 4 and 5, respectively.

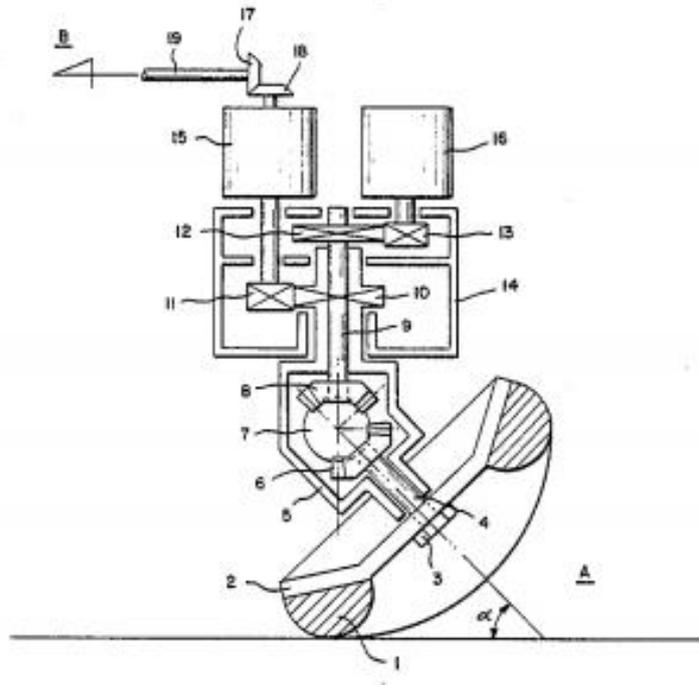


Figure 4. Omnidirectional Drive System

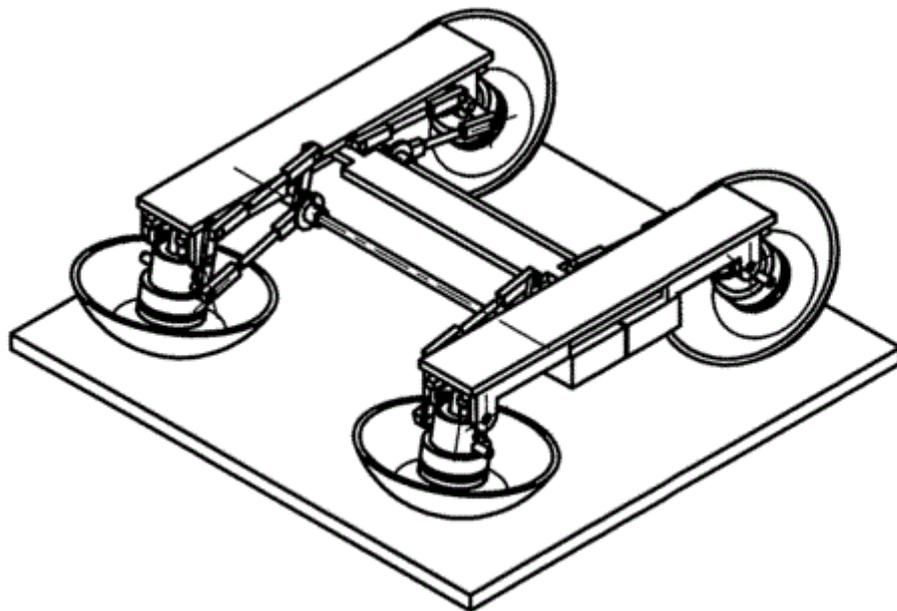


Figure 5. Spheremobile

The advantage of using the hemispherical wheels is the possibility of increasing the patency of the vehicle.

The disadvantages of using the hemispherical wheels are as follows:

- complexity of manufacturing the wheel system with these wheels;
- holonomic wheel system with the wheels to change the direction of movement needs their pre-orientation.

In terms of ground tests for panel expansion SB to Robocar does not have any requirements of high permeability. In addition, for pre-orientation of the wheels to change the direction of movement requires a certain time delay, which is not allowed in the implementation of a terrestrial test for panel expansion BS of spacecraft. It should be noted that the wheel system with the spherical wheel are put into practice very rarely.

1.3 Drives and wheel system with rolling wheels

An example of using roller wheels to build the wheel system of the robot is presented in Figure 6.

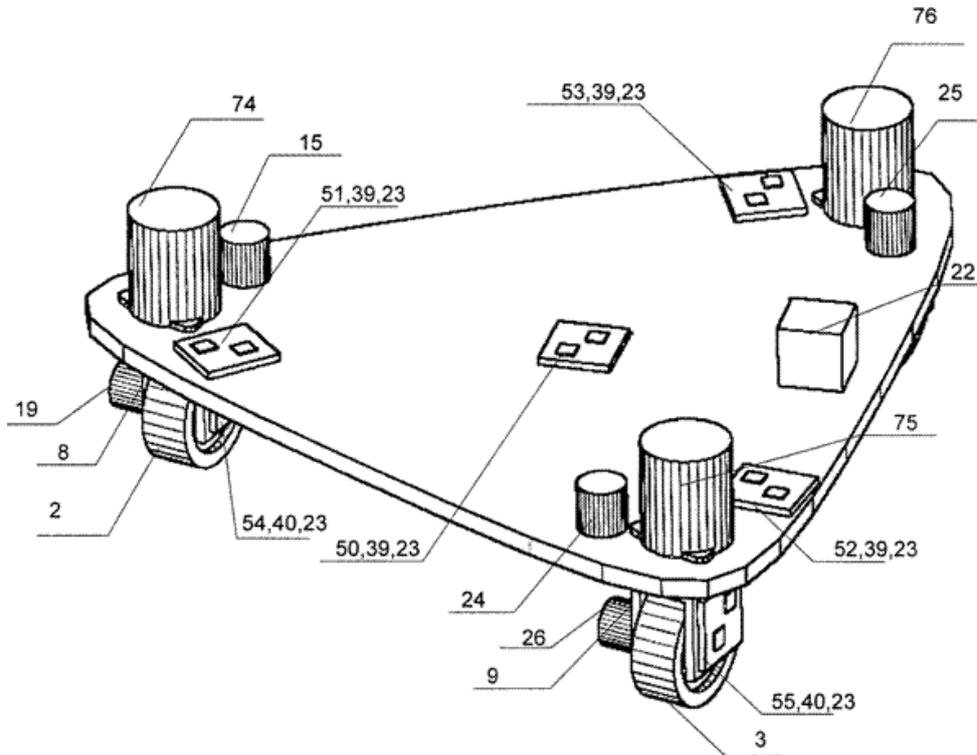


Figure 6. Transport Cart

Implementation Wheel System with Roller Wheels is the most Simple.

In Figure 6 the wheel system mobile robot has one actuator providing rotation of the wheels relative to the vertical target orientation for each wheel. The number of actuators for orientation of the wheels can be reduced to one if linked to a vertical axis of rotation of the wheels in any way. One of such method is presented in Figure 7.

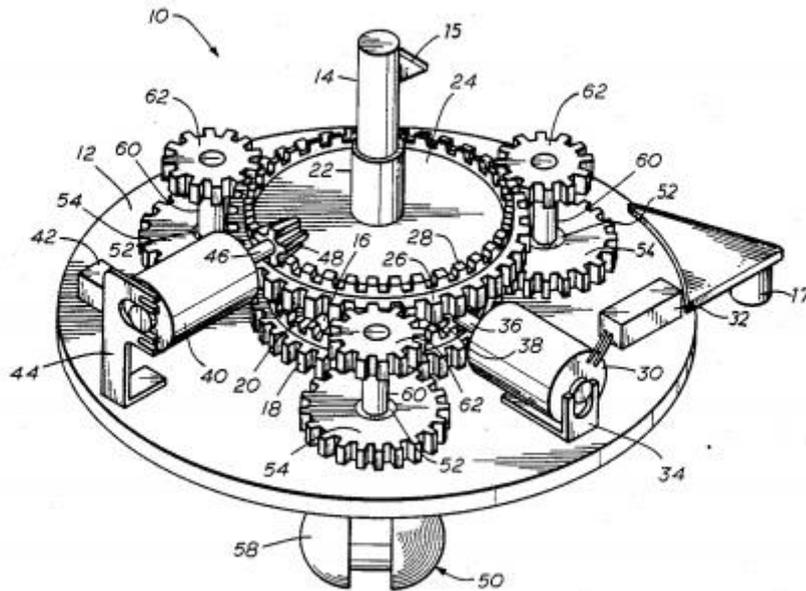


Figure. 7 Transport Cart

In addition to gear wheels (Figure 7) for transmitting rotational motion to all the wheels around the vertical axis, you can use belts, chains, etc.

The benefits of using the roller wheels are:

- simplicity of manufacturing,
- low cost.

Disadvantages of using the roller wheels are:

- holonomic wheel system with the wheels to change the direction of movement needs their preliminary orientation,
- the rotation of the wheels on an uneven surface may cause the displacement of the Robocar.

1.4 The use of Omni-directional wheels

The use of Omni-directional wheels (also known as a Swedish wheel or Ilona) allows you to create a holonomic wheel system Robocar that when the direction of motion does not require preliminary orientation of the wheels.

Omnidirectional wheels can be divided into two groups: with rollers, the axis of rotation being located at the angle of 90 degrees to the axis of rotation of all wheels (Figure 8); with rollers, the axis of rotation being located at the angle of 45 degrees to the axis of rotation of all wheels (Figure 9).



Figure 8. Omni-directional Wheel Rollers, the Axis of Rotation being located at an Angle of 90 Degrees to the Axis of Rotation of the whole Wheel

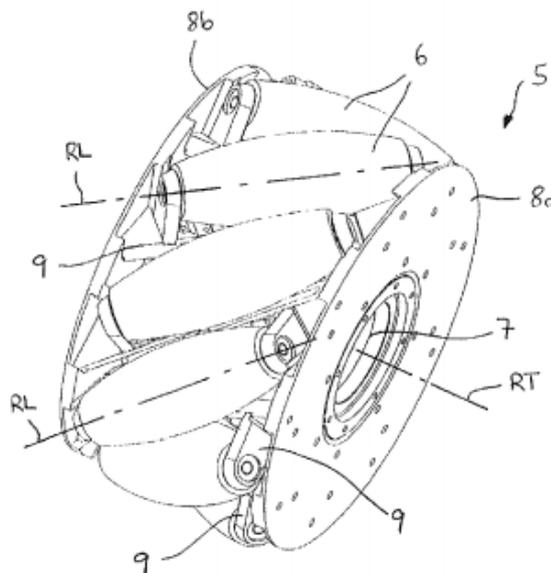


Figure 9. Omni-directional Wheel Rollers, the Axis of Rotation being located at an Angle of 45 Degrees to the axis of Rotation of the whole Wheel

In English literature, both types of omnidirectional wheels have names. Omni-directional wheel rollers, the axis of rotation being located at the angle of 90 degrees to the axis of rotation of all wheels, is called an "omni wheel", and the second type is called a "mecanum wheel".

Currently, the advantages and disadvantages of both types of wheels are being actively discussed. Based on the information provided on various forums, the differences between the two types of these wheels are the following:

- the omni-wheel is cheaper than the mecanum wheel;
- the omni-wheel is more complicated from the point of view of control;
- the omni-wheel has lower efficiency;
- the wheel system built on omni-wheels, is more maneuverable;
- to build a wheel system for mecanum-wheels must be at least four such wheels and omni-wheels must be three.

2. Alternative System for Measuring Forces

Figure 6 presents the own model of the sensor the force vector.

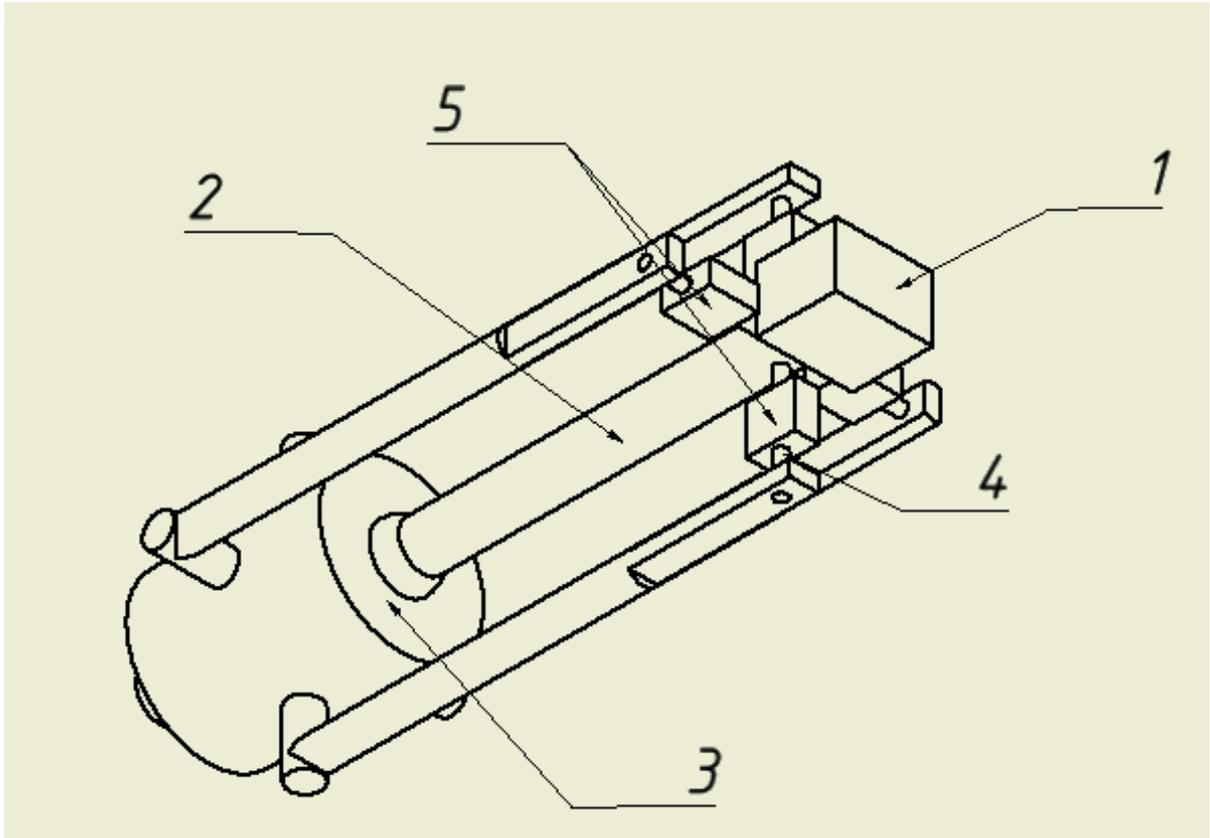


Figure 10. System for Measuring of the Force Vector

The elements of the measuring system of the force vector are shown in Figure 10 and correspond to the following positions:

- position 1 – device mounting element of weightlessness simulation BS,
- position 2 – shank with ball end,
- position 3 – pole measurement system of forces,
- position 4 –sticks fixing force transducers
- position 5 – force sensors

The device fastening element of weightlessness simulation BS (position 1) is fixed rigidly to the rod with ball end (position 2). In one's turn, the rod with the ball end of a ball joint with a support system of measurement force vectors (position 3). The system for measuring a force vector attached to the robocar with the help of support measurement of the force vector. In addition, this structural

element has four vertical rods, designed for attachment thereto of the rods fixing the force sensor (position 4) for fastening thereto of the force sensors (position 5).

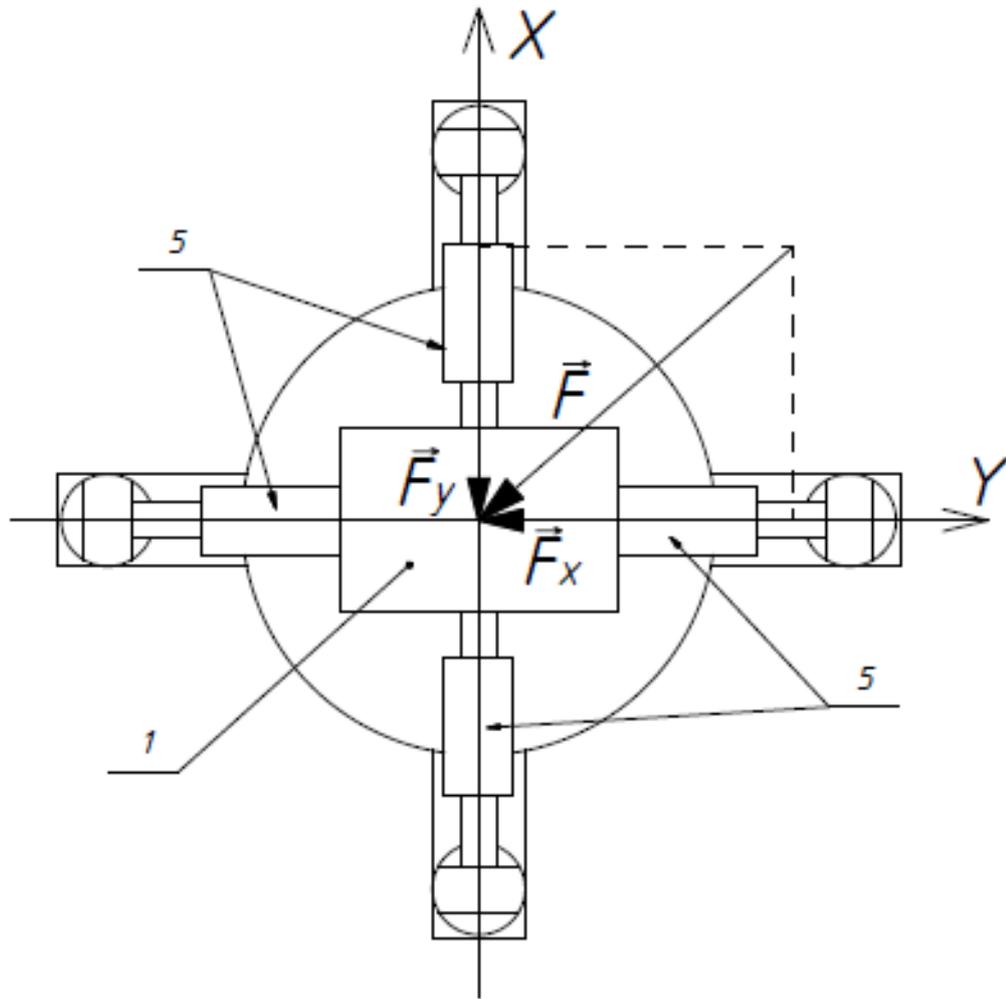


Figure 11. System for Measurement Force Vector

To understand the principle of measurement of force vectors by this unit, refer to Figure 11. Let some arbitrary vector lying in the horizontal plane (the horizontal plane is perpendicular to the axis of the rod with ball end (Figure 10, position 2)) affects the system of measuring the force vector through the device, the fastening element of weightlessness simulation BS (position 1). Then this force will affect the force sensors (position 5) through a rod with ball end (figure 10, position 5)). The force sensors (position 5) arranged in pairs on axes X, Y and under the influence of the vector \vec{F} record the values of its projections \vec{F}_x and \vec{F}_y on X and Y axis respectively. Data for these projections are transmitted to the control unit (data of each projection of the force vector are averaged in pairs

because each axle has two force sensor), where on their basis to calculate the module and direction of the vector \vec{F} and on the basis of the calculations is formed control action for the robocar.

It is believed that the force sensors (position 5) are able to work in compression and tension.

The main advantage of this system is simplicity. Its disadvantages include its dimensions, which leads to the need of using different brackets (need to focus on the distance between the elements of weightlessness simulation of SB equals 20mm).

Приложение 2
(Обязательное)

Таблица 2.1 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.				
		Т _{рд}		Т _{кд}		НР	И	НР	И
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	4	5	4,4	4,84	0	5,83	0	
Сбор информации об объекте обезвешивания, о процессах обезвешивания	И	30	35	32	0	35,2	0	42,42	
Проведение патентного исследования систем обезвешивания в российской патентной базе данных	НР, И	10	12	10,8	11,88	11,88	14,31	14,32	
Проведение патентного исследования шасси робокара в российской патентной базе данных	И	30	40	34	0	37,4	0	45,07	
Проведение патентного исследования шасси робокара в зарубежных патентных базах данных	И	40	65	50	0	55	0	66,28	
Проведение патентного исследования системы измерения сил в российской патентной базе данных	НР,И	10	12	10,8	8,32	11,88	10,02	14,32	
Разработка структуры и конфигурации робокара	И	3	4	3,4	0	3,74	0	4,51	
Разработка общих алгоритмов работы робокара	И	1	2	1,4	0	1,54	0	1,86	
Разработка функциональной	И	1	2	1,4	0	1,54	0	1,86	

Аналитико-расчетная работа на предмет возможности построения робокара с использованием имеющегося оборудования	И	5	6	5,4	0	5,94	0	7,16
Разработка возможной конфигурации робокаров, пригодной для процесса обезвешивания	И	5	7	5,8	0	6,38	0	7,69
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	4	5	4,4	0	4,84	0	5,83
Оформление графического материала	И	10	13	11,2	0	12,32	0	14,85
Подведение итогов	НР, И	1	2	1,4	1,54	1,54	1,86	1,86
Итого:		154	210	174,6	26,58	189,2	32,02	185,6

Таблица 2.2- Линейный график работ

Этап	НР	И	Год, месяц																			
			2016						2017													
			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
1	5,83	0	■																			
2	0	42,42	■	■	■	■	■															
3	14,31	14,32					■	■														
4	0	45,07							■	■												
5	0	66,28								■	■	■	■	■	■	■						
6	10,02	14,32														■	■					
7	0	4,51																■				
8	0	1,86																	■			
9	0	1,86																		■		
10	0	7,16																		■		
11	0	7,69																			■	
12	0	5,83																			■	
13	0	14,85																			■	
14	1,86	1,86																			■	

НР – ■ И – ■

