

Исследовательская деятельность в учебных инженерных проектах



Комитет по образованию

Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества

Исследовательская деятельность в учебных инженерных проектах

Методические рекомендации из опыта работы ГБНОУ Санкт-Петербургского городского центра детского технического творчества

Комитет по образованию

Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества

И88 Исследовательская деятельность в учебных инженерных проектах. Методические рекомендации из опыта работы ГБНОУ Санкт-Петербургского городского центра детсвкого технического творчества / сост. В. Н. Давыдов. – Иркутск : ООО «Максима», 2022. – 82 с. Режим доступа: http://www.center-tvorchestva.ru/issledovatelskaya-deyatelnost.html

ISBN 978-5-907643-17-8

Целью данного сборника является обобщение педагогического опыта и рекомендации по включению в образовательный процесс исследовательской деятельности для формирования основ инженерного мышления средствами детского технического творчества.

Сборник адресован администрации, педагогам дополнительного и общего образования, методистам — всем, кто работает с детьми в области технического творчества.

Сборник печатается по решению научно-методического совета ГБНОУ СПбГЦДТТ

ISBN 978-5-907643-17-8

Содержание

Введение	5
Часть 1. Профессиональная инженерная деятельность	6
Часть 2. Отражение исследовательской инженерной деятельно	ости
в дополнительном образовании детей	9
Часть 3. Как выстроить исследовательскую часть	
инженерного преобразовательного проекта	22
Заключение	22
Литература	22
Приложение 1. «Бионическая робототехника. Кентавр»	25
Приложение 2. «Планеры — наука и спортивное увлечение»	35
Приложение 3. «Исследование наличия эффекта Томса	
для водных растворов некоторых полимеров»	52
Приложение 4. «Прибор для нанесения травяного покрова	
ПНТП — 1»	58
Приложение 5. Макет дидактического мобильного робота	66

Введение

XX век можно назвать веком больших проектов, которые во многом определили его достижения. В их числе и проекты по кардинальному переустройству общества, и полеты в космос, и создание ядерного оружия...

Но лишь во второй половине XX века получила осмысление универсальность деятельности проектирования. Следствием её многопланового рассмотрения стало формирование понятия проектной культуры и осознание необходимости включения в нее современных школьников в качестве её наследников и творцов.

Поскольку проектная деятельность играет столь важную роль в жизни современного общества, она должна найти отражение и в образовании. В то же время учебные предметы в большинстве своем отражают специфику науки и научного познания, но не дают ученикам ясного представления о практико-преобразовательной сфере деятельности человечества.

Исследования академика В.В. Рубцова и его школы показывают, что из четырех основных исторических типов сознания и деятельности (мифологическое сознание и мифотворчество, цеховое сознание и ремесло, научное сознание и исследование, продуктивное сознание и проектирование), а также соответствующих им типов исторических, социальных общностей (родовая, цеховая корпорация, научное сообщество, сообщество разнопрофильных специалистов) последние практически не формируются современным образованием [19].

Между тем сегодняшнее общество объединяет в себе элементы всех предшествующих исторических общностей, а современный человек на протяжении своей жизни играет в нем самые разнообразные роли, вступает в многообразные общественные и культурные отношения. Поэтому подготовка ученика к жизни в условиях преимущественно одной социальной общности (научного сообщества), и приспособление его к одному виду деятельности (познавательной), не соответствуют современной ситуации. Отечественная система образования должна воспитывать наследника и творца современной многогранной культуры.

Наибольшие возможности стать полноценной школой проектов имеет дополнительное образование детей. Это связано с тем, что учебные проекты всегда были там ведущим методом работы, независимо от того употреблялся этот термин или нет. В то же время, поскольку формирование проектного сознания и проектной деятельности осуществляется на фоне успехов в формировании научного сознания, формируемого школой, решение этой задачи невозможно без теснейшей интеграции этих образовательных институтов.

Именно на этом пути представляется возможным формирование главного качества ученика субъекта проектной культуры: способность видеть проектные возможности, то есть самостоятельно формулировать практически осуществимые замыслы проектов (см. определение проекта, данное Дж. Джонсом [8, C.26]).

Часть 1.

Профессиональная инженерная деятельность

К началу XX столетия проектирование обрело свои профессиональные основы, став частью инженерной деятельности. Инженерная деятельность развилась в сложный комплекс, ядро которого составили проектирование, изобретательская деятельность, инженерные исследования, конструкторская и технологическая деятельности [20].

Проектирование направлено на разработку общей идеи системы, важнейшим требованием к которой является практическая реализуемость.

Инженерные исследования направлены на обслуживание инженерной деятельности. Современные технические науки ставят целью решение инженерных задач и потому занимаются исследованиями не столько для изучения природных явлений, сколько для конструирования технических систем.

Изобретательская деятельность направлена на преодоление затруднений, которые неизбежно возникают при попытке реализации проектного замысла. Её результатом является создание необходимых для реализации проекта новых устройств и процессов. На первых этапах становления инженерной деятельности она опиралась на эмпирические знания, но по мере ее развития все более основывалась естественнонаучных, а затем и на инженерных исследованиях.

Конструкторская деятельность становится ведущей на этапе, когда нужно проверить эффективность претворения в жизнь проектного замысла, необходимо создать опытный образец.

Технологическая деятельность играет роль обеспечивающей конструкторскую, позволяющей реально «воплотить в металле» опытный образец.

Все перечисленные виды инженерной деятельности интегрируются в инженерном проекте.

1.1. Профессиональный инженерный проект

Поскольку основополагающей задачей образования является введение молодого человека в мир современной культуры, в частности культуры проектной, необходимо ясное представление педагога об её реалиях. Соответственно, обсуждая вопросы организации учебной проектной деятельности, нельзя выпускать из поля зрения проекты реальные.

Принципиальным для проектирования является его ориентация на реализацию в существующих материальных, технологических и организационных условиях. Поэтому проект, прежде всего, оценивается с позиций фактической реализуемости и принципиальной реалистичности. В этом состоит главное отличие проекта от прожекта или утопии. С искусством и утопией проектирование связывает лишь свойственная им, укорененность в области надежди упований.

Проанализируем некоторые определения, предложенные для понятия «профессиональный проект» (см. таблицу 1).

Таблица 1. Некоторые современные определения понятия «профессиональный проект» [14]

Определение понятия «проект»	Источник
1. Проект — это отдельное предприятие с определенными целями, часто включающими требования по времени, стоимости и качеству достигаемых результатов.	Английская Ассоциация проект-менеджеров
2. Проект — это предприятие (намерение), которое в значительной степени характеризуется неповторимостью условий в их совокупности, например: задание цели; временные финансовые людские и другие ограничения; разграничения от других намерений; специфическая для проекта организация его осуществления.	Германия, стандарт DIN69901
3. Проект — это последовательность взаимосвязанных событий, которые происходят в течение установленного ограниченного периода времени и направлены на достижение неповторимого, но в то же время определенного результата.	Фил Бэгьюли
4. Проект — это ограниченное по времени целенаправленное изменение отдельной системы с изначально четко определенными целями, достижение которых определяет завершение проекта, с установленными требованиями к срокам, результатам, риску, рамкам расходования средств и ресурсов и к организационной структуре.	А.Г. Ивасенко, Я.И. Никонова, М.В. Каркавин

Обобщая приведенные определения, можно выделить следующие, характерные для профессионального проекта черты:

- 1. Заранее определенные цели;
- 2. Заранее установленные временные рамки;
- 3. Заранее установленные используемые ресурсы.

Таким образом, профессиональный проект можно определить как комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на достижение заранее определенных целей при установленных и ограниченных материальных и временных ресурсах.

1.2. Исследовательская деятельность в инженерном проектировании

В истории инженерной деятельности всегда существовали две главные тенденции, характерные и для современного этапа ее развития. Одна из них — ориентация на практику, другая на науку [6]. В основе этих тенденций лежат различные взгляды на суть инженерной деятельности. В первом случае как на искусство, то есть систему методов и приемов практической деятельности, во втором как приложение науки к технической практике. В течение XVIII – XIX веков эти тенденции конкурировали. Однако, чем ближе к нашему времени, тем большую роль в инженерной деятельности начинает играть научное

знание. Еще Леонардо да Винчи писал: «Те, кто влюбляется в практику без науки, подобны кормчим, выходящим в плавание без руля и компаса...» [5, с.67].

Появляются отрасли техники, которые были бы вообще невозможны без научных исследований. Но хотя техника стала научной, это совсем не значит, что она превратилась в придаток физики или химии, она выработала собственные технические науки. Эти науки ставят целью не просто изучение законов природы, но их применение для решения инженерных задач.

История техники показывает, что любой крупный инженерный проект содержит исследовательскую часть, направленную на решение возникающих по ходу выполнения проекта проблем.

Так, например, в 1901 году братья Райт, совершенствующие свой летательный аппарат, встали перед проблемой определения оптимальной кривизны крыла аэроплана. Изобретатели разработали и построили малогабаритную деревянную аэродинамическую трубу длиной 1,8 метра. Один её конец был открыт, а в другом был установлен приводившийся в действие бензиновым мотором вентилятор. За неполных два месяца были протестированы крылья 38 различных профилей, изготовленные из старых ножовочных полотен. Крылья устанавливались под различными углами к воздушному потоку, скорость которого доходила до 43,5 км/час. Как писал впоследствии Орвилл Райт «эти металлические модели показали нам, как надо строить» [12, с.92-93].

Громадное значение инженерные исследования имеют для современного этапа развития техники. Например, организация массового производства процессоров для компьютеров потребовала проведения большого объема исследований в области физики и химии твердого тела.

Часть 2.

Отражение исследовательской инженерной деятельности в дополнительном образовании детей

2.1. Преобразовательные проекты в дополнительном образовании детей технического профиля

Наиболее детально современная типология учебных проектов представлена в трудах Е.С. Полат, Н.Ю. Пахомовой и др. [10,15; 16; 17].

Обычно выделяются следующие типологические признаки учебных проектов [17, C.62-67]:

- 1. Доминирующая в проекте деятельность является наиболее важным типологическим признаком учебного проекта. Поскольку в качестве основных видов деятельности в дополнительном образовании детей технической направленности выступают познавательная и преобразовательная, то наиболее часто мы имеем дело с исследовательскими и преобразовательными проектами. Все остальные виды деятельности также важны, но в рассматриваемом случае носят вторичный характер.
- 2. Характер координации проекта (с открытой явной координацией проекта руководителемилисо скрытой координацией, когда руководитель выступает в роли одного из участников проекта). В условиях дополнительного образования детей наиболее распространена скрытая координация.
- 3. Предметно-содержательная область (монопроект в рамках одной области знания; межпредметный проект с привлечением знаний из различных предметных областей). Для дополнительного образования детей технической направленности характерны надпредметные (включающие использование знаний, которые выходят за рамки школьной программы) проекты.
- 4. Характер контактов участников проекта (в рамках одной школы, класса, города, региона, страны, разных стран мира).
- 5. Число участников проекта (личностные, парные, групповые).
- 6. Продолжительность проекта (краткосрочные, средней продолжительности от недели до месяца, долгосрочные от месяца до нескольких месяцев).

Наиболее близкими по своему характеру к профессиональным инженерным проектам выступают преобразовательные учебные проекты. Именно они выступают как преимущественный тип учебных проектов, реализуемых в дополнительном образовании детей технического профиля. Этот тип учебных проектов является неотъемлемым компонентом технического творчества школьников, поскольку в наибольшей мере позволяют моделировать профессиональную инженерную деятельность.

Процесс работы над преобразовательным проектом можно разделить на две основные стадии [7]:

- 1. Предпроектный анализ (исследовательская стадия) и
- 2. Проектную работу (проектная стадия).

Предпроектный анализ предусматривает исследование и сопоставление различных данных о желаемых функциях изделия, форме и других свойствах, которыми оно должно обладать. С этой целью проводится обзор аналогов, сходных с проектируемым изделием, по функциональному назначению, принципу действия, условиям применения для выявления недостатков либо положительных моментов. Используются различные методы исследований и их результаты используются для определения вектора задач дальнейшей работы уже на проектной стадии.

При более детальном рассмотрении, как профессионального, так и развитого учебного преобразовательного проекта можно выделить его следующие основные стадии:

- 1. Стадия проектного замысла (проектировочная);
- 2. Стадия исследования аналогов и изучения возможностей использования различных технологических эффектов (исследовательская);
- 3. Стадия синтеза технического решения и разрешения возникших противоречий (изобретательская);
- 4. Стадия постройки опытного образца (конструкторско-технологическая).

Для организации работы над преобразовательным проектом инженерного характера рассмотрим его течение более подробно.

1. Стадия проектного замысла

Как и любой проект, преобразовательный проект начинается с замысла. В технике принято подразделять создаваемые объекты на устройства и процессы. Наиболее часто объектом технического творчества выступает устройство. Это может быть, например, модель самолета, ракеты или судна.

Как правило, замысел преобразовательного проекта тесно связан с уже существующим техническим устройством — прототипом. Например, для авиамоделизма прототипами могут выступать определенные марки самолетов, для судомоделизма отдельные морские и речные суда, для ракетомоделизма типы ракет. По мере развития технического моделизма роль прототипов зачастую стали играть не объекты большой техники, а ранее изготовленные модели.

Роль прототипа, как в технике, так и в детском техническом творчестве очень велика [18]. Прототипы лежат в основе проектирования как небольших бытовых вещей, так и городов или районов. Всегда имеется тот или иной прототип, который лежит в основе проектного решения и в значительной степени определяет его.

Простейшим видом прототипов выступают образцы самих изделий. Благодаря им ремесленники веками производили аналогичные изделия. Однако образец изделия может сыграть свою роль только в совокупности с теми знаниями и навыками, которыми обладает ремесленник. Поэтому образец является принадлежностью кустарного производства, из которого проектирование еще не выделилось.

Процесс проектирования, как правило, не может быть обеспечен ни существованием образца изделия, ни его изображением. Для того чтобы обеспечить процесс проектирования, необходимо иметь систему различных средств и представлений прототипа, фиксирующих его строение, конструкции, функции.

В настоящее время в любой профессиональной области инженерного проектирования существует сложная совокупность прототипов, организованных в специальные типологические системы. Сами прототипы фиксируются во множестве схем, чертежей, графиков, описаний, спецификаций и т.п., тесно связанных с нормативами, методиками и техническими средствами организации современного проектирования.

Новые профессиональные прототипы возникают только при выполнении определенных условий: они должны отвечать социальным требованиям, технологическим и экономическим условиям производства, формам и способам организации самого проектирования.

Важная роль прототипов нашла свое отражение в классификации преобразовательных проектов, предложенной А.Н. Юшковым [23, с.6-15]:

2. Проект-проба

Создание собственными руками продукта по образу и подобию существующего (копирование прототипа).

3. Дизайн-проект или проект-трансформация

Создание продукта, например, технической модели, которая бы отличалась по тому или иному показателю в лучшую сторону от существующего прототипа или лучше отвечала новым условиям их применения.

4. Проекты, меняющие жизнь (проекты-изобретения)

Предусматривают проектные замыслы, направленные на решение той или иной проблемы социокультурного характера. Например, изобретения в области альтернативной энергетики, роботостроении, биотехнологии, промышленной химии и т.д.

2.2. Стадия исследования аналогов и изучения возможностей использования различных технологических эффектов

Характер исследовательской деятельности в учебном проектировании определяется типом реализуемого проекта. Проект-проба, осуществляемый в соответствии с образцом, требует элементарных исследовательских процедур, направленных на изучение копируемого объекта. Дизайн-проект предполагает изучение ряда аналогов, чтобы затем осуществить синтез объекта, обладающего уникальным комплексом полезных свойств. Наконец проект-изобретение предполагает применение новых технологических эффектов, благодаря чему удается создать объект, принципиально отличающийся от уже существующих.

Таким образом, можно выделить два принципиально различных типа исследования, использующихся в проектировании:

- 1. Морфологический анализ объектов-аналогов.
- 2. Изучение возможностей использования различных технологических эффектов (физических, химических, биологических, геометрических...). Оба этих типа исследования требуют информационного обеспечения,

а следовательно нахождения источников информации — сайтов глобальной сети Интернет, книг, газет, журналов и прочих видов изданий, где имеются интересующие исследователя данные.

2.2.1. Информационный поиск

Сегодня поиск необходимой информации начинается с глобальной сети Интернет. Однако практика работы с Интернет показывает, что простое использование поисковых программ часто приводит к ситуации, когда получено много тысяч ссылок на сайты, где содержится весьма мало ценной информации. Ситуация напоминает поиск иголки в стоге сена.

К счастью, в Интернет существуют и специальные средства поиска научно-технической информации — так называемые «машины вертикального поиска», которые ищут в специально созданных специалистами базах данных. Здесь содержатся информационно наиболее емкие и достоверные материалы.

Одной из наиболее ценных баз научно-технической информации в русскоязычной части Интернет является Научная электронная библиотека «Elibrary.ru». Она открыта для использования любым желающим. Библиотека содержит более 12 миллионов научных статей и публикаций из, примерно, 1900 российских научно-технических журналов. Более 900 журналов находятся в открытом доступе. Важным достоинством этой электронной библиотеки является то, что она позволяет не только читать статьи, но и во многих случаях скачивать содержащие их файлы. Библиотека «Elibrary.ru» предлагает удобную систему поиска литературы. На её сайте имеется пошаговая инструкция по использованию функций этой научной электронной библиотеки.

Еще одним полезным сервисом, позволяющим искать как русскоязычные, так и иностранные научно-технические публикации является Академия Google (англ. Google Scholar) — бесплатная поисковая система, запущенная в ноябре 2004. С её помощью осуществляется полнотекстовый поиск по научной литературе, включая журнальные статьи, препринты, диссертации, книги и технические отчёты. Пользователи могут искать нужные работы по фамилиям авторов, ключевым словам, названиям журналов. По приближенным оценкам на 2019 год система содержала рефераты не менее 390 миллионов статей. Портал считается крупнейшей в мире академической поисковой системой, со степенью охвата до 90 % всех англоязычных статей.

В сети Интернет существует также большое число сайтов, содержимое которых полезно для работы над проектами. Это как российские, так и зарубежные сайты, как правило, принадлежащие университетам. Зачастую здесь выставляются и материалы, доступ к которым в других местах требует оплаты.

Несмотря на доминирующую роль в поиске информации глобальной сети Интернет важной остается и роль бумажных изданий. Число научно-технических публикаций в мире неуклонно растет и сегодня составляет несколько миллионов в год [13]. Естественно, ни один человек не в состоянии прочесть не только все публикации по естественным наукам и технике, но и даже по своей узкой специальности. Но не стоит отчаиваться. «Нельзя все знать, но можно и должно знать, что где лежит, в каком направлении нужно двигаться, чтобы иметь нужное знание» — говорил российский философ М.А. Лившиц [11].

Неспособность вовремя отыскать в литературе нужную информацию тормозит научно-технический прогресс, заставляет инженеров тратить время и средства на изобретение вещей уже известных. Таким образом, способность отыскивать нужную информацию сегодня совершенно необходима каждому, кто собирается работать в области науки и техники.

Научно-техническая информация чаще всего появляется в виде научных статей, описаний к патентам, научных отчетов, диссертаций, ведомственных изданий. Эти источники информации принято называть первичными, подчеркивая тем самым, что информация появляется в них впервые.

Вторичные источники информации дают возможность, не читая первоисточников, составить представление об их содержании. Речь идет о реферативных журналах. Первым в мире научным и одновременно первым реферативным журналом был «Le journal des sçavans», который начал издаваться в Париже 5 января 1665 г. Журнал оповещал читателей о вышедших книгах и комментировал их, резюмировал труды умерших ученых, кратко сообщал о значительных событиях в физике, химии и других науках и искусствах [22, C. 57].

Современные реферативные журналы содержат краткие изложения — рефераты статей, вышедших в свет на разных языках в различных странах мира. Ознакомившись с рефератом, читатель может составить представление о содержании первоисточника и отказаться от знакомства с ним в оригинале или наоборот обратиться к нему, каждый реферат снабжается точным адресом, позволяющим найти первоисточник — названием, годом издания и номером журнала, где опубликована статья, фамилией и инициалами автора или авторов, ее названием, местом и годом издания, названием издательства, указанием числа страниц.

Третичные источники информации представлены библиотечным каталогом, содержащим сведения о вторичных источниках — реферативных журналах и книгах.

2.2.2. Морфологический анализ

Простое копирование объекта (например, модели самолета или судна) широко используется в детском техническом творчестве. Оно преследует цель знакомства учащихся с основными компонентами того или иного типа моделей, инструментом и методами правильной и безопасной работы с ним.

Однако, после того как эта первоначальная стадия работы осталась позади необходимо двигаться дальше — познакомить учащихся с методами изучения аналогов изготовляемого устройства. Только так возможно уйти от простого копирования и ввести в работу элементы творчества.

Одним из наиболее эффективных и, вместе с тем доступным, методом изучения аналогов изготовляемого устройства является морфологический анализ.

Впервые идеи морфологического анализа и синтеза были высказаны швейцарским астрономом Ф. Цвикки в 30-х годах XIX века. В дальнейшем они получили развитие в целом ряде трудов отечественных и зарубежных исследователей.

В ходе морфологического анализа выделяют множество значимых для проектирования объекта морфологических частей и множество альтернатив

(способов реализации каждой морфологической части в известных аналогах проектируемого объекта).

В качестве значимых частей обычно рассматривают элементы его конструкции, материалы, форму, тип, способ функционирования, принцип действия и т. д. Данные морфологического анализа представляют в виде так называемого морфологического ящика, обычно, в виде таблицы [2, с. 117-134].

Степень охвата морфологическим анализом разнообразных аналогов создаваемого устройства во многом определяет конечный успех синтеза.

Интересный пример использования морфологического анализа можно найти в книге Олега Ильича Жолондковского «Внимание, воздух!» [9]. Автор подробно описал процесс проведения и использования морфологического анализа для разработки новых вариантов очистителей воздуха.

Вот как он описывает (дается в сокращении) процесс составления морфологической таблицы (см. рис.1):

«Во главу угла поставил антициклон. По вертикали расположил варианты антициклона, в которых эффект осевой струи усиливается за счет добавления энергии вращения, тепла, воздуха и воды, а по горизонтали — графы с решениями той же задачи, сделанными по принципам: введения дополнительного эффекта, «наоборот», «матрешка», мультипликация, а также наложения электрического и магнитного полей... По горизонтали, под номером 2, в графе «Введение дополнительного эффекта» показан обычный циклон с частичным ответвлением воздуха из входного патрубка и вводом его в конусную часть... Следующая графа — «Принцип «наоборот». Показан обычный антициклон, перевернутый конусом вверх... Следующим номером, 4, в графе «Матрешка» идет аппарат «Двухступенчатый циклон» (внутренняя вставка антициклон). Поток запыленного воздуха входит через патрубок сразу в антициклон, под действием инерции очищается в нем от крупных фракций, имеющих большую парусность, а затем через каналы между завихривающими лопастями выходит в зазор между стенками корпуса и вставки, совершает в нем вращательное движение, под действием центробежных сил освобождается от мелких фракций и удаляется через патрубок. В квадрате 5 показана мультипликация антициклона. Параллельно подключены четыре элемента. Но их может быть и 16, и 24 и больше... Под номерами 6 и 7 показаны варианты наложения электрического и магнитных полей на действие антициклонов... Заканчивается горизонтальный ряд модификаций антициклона с наложением магнитного поля... По кольцу внутри и снаружи антициклона расположены постоянные магниты. Между ними помещены железные опилки, образующие пористый фильтр, в котором эффективно задерживаются все частицы, не осевшие за счет эффекта осевой струи. В графе 8 показано довольно неожиданное применение антициклона (предложение Л. П. и С. Л. Шишмаковых) для перекачки рыбы. Такой способ предохраняет ее от повреждений.

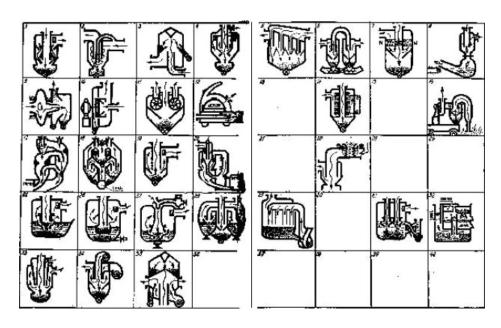


Рис. 1. Морфологическая таблица антициклонов [9]

Принцип действия пылеуловителей, помещенных во втором ряду, усилен эффектом вращения... В квадрате 10 изображен ротационный пылеуловитель, в котором вакуум создается чистым отсеком крыльчатки... В турбофильтре (квадрат 11) крыльчатки не отсасывают пыль и не побуждают движение пылевоздушного потока, а, наоборот, вращаются, как турбины, этим же потоком. Снаружи крыльчатки обтянуты мелкоячеистой сеткой, на которой оседают пылинки, не выделившиеся из потока по инерции. В квадрате 12 (принцип «матрешка») показан антициклонный пылесос, а в квадрате 13 (принцип мультипликации) автор не смог поместить никаких конструкций, так как еще ничего не придумал. Любой из читателей может восполнить этот пробел и подать от своего имени заявку. То же касается и других, пока еще не состоявшихся изобретений, которых ждут белые поля квадратов...» [9].

Оригинальные устройства для морфологического анализа и синтеза предложены учителем технологии из Санкт-Петербурга Эмилем Ринатовичем. Одно из них — «проектная картотека» [21, с.30-37]. Лотки картотеки заполняются карточкамикакого-либо формата (например, А8). Каждыйлоток картотеки включает в себя все возможные карточки с вариантами исполнения какой-либо части устройства, его характеристике, качеству и пр. Листая карточки в лотках картотеки, учащийся анализирует возможные варианты выполнения устройства и в конечном итоге приходит к оптимальному проектному решению.

Успешное применение морфологического анализа можно наблюдать, например, в проекте «Макет дидактического мобильного робота», созданном одиннадцатиклассником Борисом Пантелеймоновым (руководитель: Яременко Андрей Михайлович, педагог дополнительного образования ГБНОУ СПбЦДТТ), где проанализированы основные компоненты ряда существующих робототехнических систем — движителей (колесных и гусеничных), и платформ (дифференциальной схемы с 3 колесами, реечной схемы с 3 колесами, схемы со всенаправленными колесами, гусеничной схемы), а также шести аналогов проектируемого устройства (см. приложение 5).

Результаты морфологического анализа были использованы для синтеза принципиальной структурной схемы создаваемого устройства (см. рис. 2)

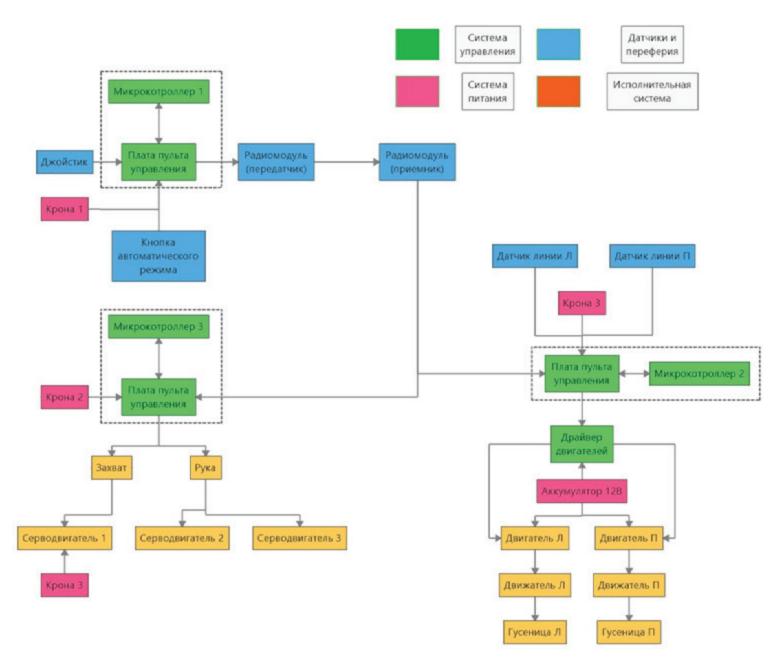


Рис.2. Структурная схема проектируемого устройства

Аналоги для морфологического анализа можно искать не только среди технических конструкций. В прошлом веке пристальное внимание инженеров привлекли поиски аналогов технических устройств в мире живой природы. Так возникла новая техническая наука, получившая название «бионика». Однако Отцом бионики часто называют Леонардо да Винчи. В его заметках можно найти первые попытки технического воплощения природных механизмов, например, летательного аппарата, способного двигать крыльями подобно птицам [1].

Использовать данные о биологических аналогах проектируемых устройств удается и в учебных проектах.

Например, в проекте «Бионическая робототехника. Кентавр», созданном десятиклассником Дмитрием Петровым (руководитель: Карабут Ксения Юрьевна, педагог дополнительного образования ГБНОУ СПбЦДТТ) проанализированы роботы, выпускаемые компанией Boston Dynamics, разработанные на основе биологических аналогов как «четвероногих», так и антропомофных (см. приложение 1). Их изучение привело к появлению нескольких концепций, среди которых были сочетания гуманоида и паукообразного, кенгуру. В конечном итоге было решено воспользоваться концепцией мифологического существа — кентавра, который сочетает в себе преимущества в передвижении по сложным поверхностям, устойчивость и свободу в выполнении поставленных задач.

2.2.3. Изучение возможностей использования различных технологических эффектов

Под технологическими эффектами в инженерной деятельности понимают преобразование одних технологических воздействий в другие. В основе этих преобразований лежит использование физических, химических, биологических явлений (соответственно физических, химических, биологических эффектов) или законов геометрии (геометрических эффектов).

Исследование возможностей применения разнообразных технологических эффектов сегодня определяют пути развития техники. Этот вид исследований пока не нашел достойного отражения в детском техническом творчестве, хотя для этого имеются все предпосылки. Например, даже в коллективах начального технического моделирования вполне могут быть проведены мини-исследования по замене и модификации материалов для различных моделей [3].

Более того, в этой области детское техническое творчество может помочь и большой технике. Например, идея использования летающих моделей для исследования аэродинамических явлений, очень важных для проектирования летательных аппаратов, была предложена академиком Б.Н. Юрьевым, который неоднократно подчеркивал, что методы исследований на летающих моделях необычайно перспективны.

К сожалению, эти возможности реализуются достаточно редко. В большей части авиамодельных коллективов акцент делается на достижении спортивных результатов. Для этого обычно копируются готовые модели отечественных призеров, что делает излишним проведение экспериментов и самостоятельное выполнение аэродинамических, прочностных и других расчетов [4].

В тоже время профессиональная деятельность в области создания авиационной и ракетно-космической техники предусматривает огромную работу по решению научно — технических проблем. Теоретические методы исследований не позволяют разрешить всех возникающих задач, поскольку оперируют упрощенными теоретическими моделями. Они должны быть дополнены экспериментальными методами исследования.

Интересный опыт постройки и изучения экспериментальных летательных аппаратов содержится в исследовательской работе: «Планеры — наука и спортивное увлечение», представленной на Региональный конкурс проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения» учеником Тихоновым Василием (педагог дополнительного образования ГБНОУ СПбГЦДТТ Сушинин Роман Олегович) (см. приложение 2).

В работе изучались зависимости дальности полета моделей планеров при изменении положения центра тяжести, профиля и угла атаки крыла. Исследование проводилось на двух моделях: «Ястреб» и «Журавель».

Влияние положения центра тяжести изучалось посредством перемещения груза (кусочек пластилина) в различные части модели.

Полученные результаты отражены на рисунке 2.

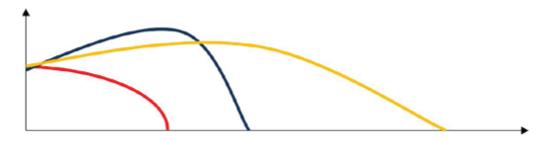


Рис.2. Траектории движения моделей с различным положением центра тяжести. Красная линия отображает траекторию движения модели с центром тяжести на задней кромке крыла, синяя на передней кромке крыла, желтая при смещении центра тяжести на 20% от передней кромки крыла.

В опыте с подъемной силой крылу придавался профиль плоско-выпуклой формы. Без профиля крыла планеры летят по низкой и короткой траектории. С профилем крыла планеры взлетают выше и траектория их полета более длинная и плавная, т.к. подъемная сила увеличивается за счет профиля крыла.

Полет моделей планеров с изменением профиля крыла отражен на схеме (рис.3).

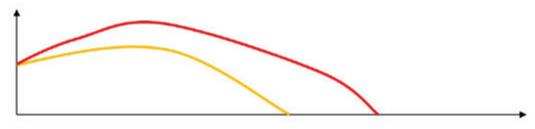


Рис.3. Схема полета моделей планеров с изменением (красный) и без изменения (желтая) профиля крыла.

Серия опытов была посвящена изучению влияния на полет планеров изменения угла атаки крыла. Использовалась модель «Журавель», конструкция которой позволяла менять угол атаки крыла.

Было проведено четыре запуска модели планера «Журавель». Для этого использовались модели с разным углом атаки крыла.

- 1. Крыло параллельно балке фюзеляжа (угол атаки крыла 0 градусов). В этом случае величина подъемной силы очень низкая.
- 2. Крыло с отрицательным углом атаки. Планер сразу падает (пикирует), так как задняя часть крыла поднята вверх.
- 3. Крыло с положительным углом атаки (20 градусов и более). Планер кабрирует задирает нос. Величина подъемной силы большая. Траектория полета короткая.
- 4. Крыло с положительным углом атаки (10 градусов). Планер летит по плавной траектории с оптимальной величиной подъемной силы. Траектория полета плавная и длинная.

Полет моделей планеров с различными углами атаки крыла отражен на схеме (рис.4).

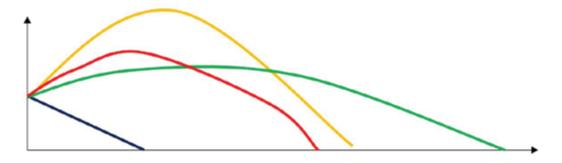


Рис.4. Полет планеров с различными углами атаки крыла Угол атаки 0 градусов (красный), отрицательный угол атаки (синий), угол атаки 20 градусов (желтый), угол атаки 10 градусов (зеленый)

Не меньшие возможности для инженерных исследований предоставляет и ракетомоделизм. Это касается, в частности, исследований в области состава топлив для моделей ракет. В качестве примера можно провести исследовательский проект «Модельный ракетный двигатель на сорбитовом топливе» ученика 9 класса Алиева Руслана [5, с.55].

Вариант учебного инженерного исследования посвященного изучению и практическому использованию физико-химического эффекта описан в работе: «Исследование наличия эффекта Томса для водных растворов некоторых полимеров» представленной на Региональный конкурс проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения» учениками Яшиным Тимофеем, Яшиным Денисом и Сахно Дмитрием (педагог дополнительного образования ГБНОУ СПбГЦДТТ Давыдов Виктор Николаевич) (см. приложение 3).

Эффект Томса заключается в снижении гидродинамического сопротивления жидкости при введении в нее добавки раствора длинноцепного полимера. Благодаря этому полимеры могут быть использованы как эффективные агенты снижения гидродинамического сопротивления. Сегодня практическое применение снижающих сопротивление добавок имеет место на нефтепроводах с целью ускорения перекачки нефти, в пожарных брандспойтах

с целью удлинения струи, а также в морских судах и подводных лодках с целью увеличения скорости движения. Однако эффект снижения гидравлического сопротивления трения жидкости при введении в ее поток полимерных добавок (эффект Томса) проявляется лишь при больших числах Рейнольдса, то есть при достаточно быстром течении жидкости. Как получить такую струю в условиях учреждения дополнительного образования детей?

Решение нашлось в области детских игрушек — экспериментальная установка была сконструирована на базе водяного пистолета насосного типа.



Рис.5 Экспериментальная установка для изучения эффекта Томса

В процессе работы над проектом была проведена модификация пистолета: ручную помпу заменили на велосипедный насос, на крышку бака с водой установили манометр от ручного тонометра для отслеживания давления воздуха, а также переделали спусковой механизм, заменив его краном. Собранная экспериментальная установка представлена на рис.5.

После сборки экспериментальной установки были проведены опыты по измерению длины водяной струи, выпускаемой из сопла, установленного под углом 450 к горизонту при избыточном давлении 300 мм Hg с дистиллированной водой и растворами полимеров с массовой долей около 0,05%.

Было показано, что эффект Томса может быть продемонстрирован на установке, созданной на базе детского водяного пистолета насосного типа. Найдены доступные полимер водные растворы, которые проявляют эффект Томса и могут быть использованы для его демонстрации в школе.

Полученные результаты могут быть использованы в производстве детских водяных пистолетов насосного типа для увеличения дальности их действия, а потому интересны для их производителей.

Один из физических эффектов — «электростатический эффект» был использован в проекте «Прибор для нанесения травяного покрова ПНТП — 1», представленной на Региональный конкурс проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения» Алькимовичем Арсением, 4 класс. Руководитель: Андреев Константин Анатольевич, педагог дополнительного образования ГБНОУ СПбГЦДТТ, 2022 г.

Электростатический эффект давно используется для нанесения покрытий (см. рис.6)

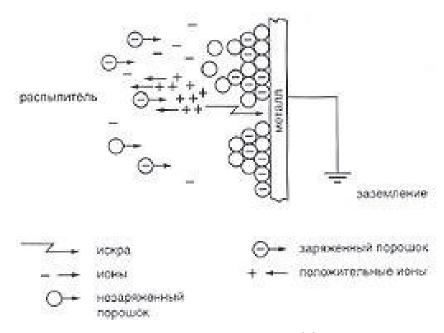


Рис. 6. Схема использования электростатического эффекта в нанесении покрытий

Но автор и руководитель работы решили использовать его по-новому. При изготовлении диорам часто приходится имитировать травяное покрытие. Если частички пластика, которые изображают траву, просто насыпаются на смазанную клеем поверхность, они ложатся беспорядочно. Такое покрытие не похоже на реальную траву, многие элементы которой расположены под прямым углом по отношению к поверхности. Заставить частички принять вертикальное положение и помогает электростатическое поле. Нанесенное в нем покрытие хорошо имитирует реальную траву (см. приложение 4).

Часть 3.

Как выстроить исследовательскую часть инженерного преобразовательного проекта

Кратко опишем порядок действий при организации учебного инженерного преобразовательного проекта, содержащего исследовательскую часть.

1. Замысел инженерного преобразовательного проекта

Обычно это намерение изготовить какое-либо устройство, относящееся к определенной категории: модель какого-либо самолета или ракеты, робот, который должен выполнять определенную функцию и т.п.

2. Поиск аналогов устройства

Осуществляется средствами глобальной сети Интернет, а также в бумажных изданиях — реферативных журналах, научно-популярных и специализированных журналах и книгах. Морфологический анализ найденных аналогов. Систематизация вариантов выполнения выделенных при морфологическом анализе компонентов и их синтез в проекте изготовляемого устройства.

- 3. Изучение технологических эффектов, которые реализованы в аналогах, а также могут быть использованы в создаваемом устройстве.
- 4. Создание проекта устройства.

Заключение

Инженерные исследования сегодня стали одним из главных двигателей технического прогресса. Благодаря их результатам совершенствуются старые и создаются новые технологии и изделия. По этой причине инженерные исследования должны найти и уже находят достойное отражение в дополнительном образовании детей технической направленности.

Приведенные в настоящем пособии рекомендации представляют собой обобщение позитивного опыта не только профессиональных инженерных исследований, но и учебных инженерных проектов, отмеченных наградами на городских и всероссийских конкурсах и олимпиадах. По этой причине они могут быть рекомендованы для использования в образовательном процессе учреждений дополнительного образования.

Литература

- 1. Бионика это какая наука? Что изучает бионика? Применение бионики [Электронный ресурс] URL: https://fb.ru/article/188187/
 https://fb.ru/article/188187/
 https://fb.ru/article/188187/
- 2. Гаврилов Д.А. Искусство сильного мышления. Эвристика наука будущего. М.: Вече, 2019.— 320 с.
- 3. Василькова Ю.Ф. Технология обработки бумаги в детском техническом творчестве //Формирование основ инженерного мышления у обучающихся средствами детского технического творчества в СПбЦД(Ю)ТТ. Из опыта работы. выпуск 1. СПб: Б/и, 2017. С.40-45.

- 4. Воронков Ю.С., Воронков О.Ю. Возможен ли экспериментальный авиамоделизм в школе? // Научное обозрение. Педагогические науки. 2016. № 5. С. 8-16. URL: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1527 (дата обращения: 01.10.2020).
- 5. Горохов В.Г. Знать, чтобы делать: История инженерной профессии и ее роль в современной культуре. –М.: Знание, 1987. -176 с.
- 6. Горшкова О.О. Исследовательская деятельность как неотъемлемый компонент профессиональной подготовки будущего инженера / О.О. Горшкова //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2013. № 2 (26). С. 169–176.
- 7. Дизайн и архитектура: синтез теории и практики: сб. науч. тр. Вып. 4. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2020. 415 с.
- 8. Джонс Дж. К. Методы проектирования. —М.: Мир, 1986. 326 с.
- 9. Жолондковский О.И. Внимание, воздух! –М.: Московский рабочий, 1985. 160 с.
- 10. Ксензова Г.Ю. Руководство по внеурочной проектной деятельности учащихся. Методические рекомендации. М.: Педагогическое общество России, 2016. 80 с.
- 11. Лифшиц M.A. Воспитание воспитателя [Электронный ресурс] URL: http://www.bim-bad.ru/biblioteka/article_full.php?aid=327
- 12. Маккаллоу Д. Братья Райт: Люди, которые научили мир летать. Пер. с англ. М.: Альпина нонфикшн, 2017. 338 с.
- 13. Маршакова-Шайкевич И.В. Исследовательская активность России в области естественных наук на переломе веков (1993–2002): библиометрический анализ // SOCIOLOGY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2013. Volume 4. No. 4. C.60–80
- 14. Пак В.Д., Нужина Н.И. Что такое проект? Определение и признаки. // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. Выпуск 8 (15). Часть 3. C.133–134 [Электронный ресурс]. URL: http://research-journal.org/social/chto-takoe-proekt-opredelenie-i-priznaki/
- 15. Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении: Пособие для учителей и студентов педагогических ВУЗов [Электронный ресурс] URL: https://www.chitalkino.ru/pakhomova-n-vu/
- 16. Пахомова Н.Ю. Учебное проектирование в образовательном процессе современной школы: Монография. М.: Изд-во СГУ, 2011. 144 с.
- 17. Полат Е.С. и др. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учеб. пособие для студ. пед. вузов и системы повыш. квалификации пед. кадров. М.: Издательский центр «Академия», 1999. 224 с.
- 18. 18. Раппапорт А.Г. Проектирование без прототипов [Электронный ресурс] URL: // http://studydoc.ru/doc/870206/rappaport-a.g.--proektirovanie-bez-prototipov.
- 19. 19. Рубцов В.В., Маргопис А.А., Гуружапов В.А. Культурно-исторический тип школы (проект разработки) //Вопросы психологии. —1994. —№5. —С.100–110.
- 20. 20. Степин В.С., Розов М.А., Горохов В.Г. "Философия науки и техники" [Электронный ресурс]. URL: http://bookz.ru/authors/vitalii-gorohov/filosofi/410/1-filosofi/410.html

- 21. Хаматгалеев Э.Р. Методика прямой линии в проектной деятельности учащихся: авторская педагогическая методика развития проектной деятельности учащихся [Электронный ресурс] / Э. Р. Хаматгалеев. Электрон. текст. дан. (6,7 Мб). Киров: Изд-во МЦИТО, 2022. 1 электрон. опт. диск (CD-R).
- 22. Черный А.И. Всероссийский институт научной и технической информации: 50 лет служения науке. М: ВИНИТИ, 2005. 435 с.
- 23. Юшков А.Н. Учебные проекты на материале естественнонаучных дисциплин. Из методического опыта программы «Школьная Лига РОСНАНО». СПб.: Школьная лига, 2015.— 106 стр.

Приложение 1

«Бионическая робототехника. Кентавр»

Автор: Петров Д. С., 10 класс,

Руководитель: Карабут К.Ю., педагог дополнительного образования,

ГБНОУ Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества, 2022 г.

Победитель регионального конкурса проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения», 2022 год.

Введение

Робототехника за полвека своего существования сделала огромные успехи. Но самые совершенные руки, ноги и крылья пока еще изобретены не людьми, а природой. Строение человека, животных и насекомых отточены сотнями лет развития почти до идеала, из-за чего использование схожих механизмов во многих сферах более чем оправдано.

Бионический дизайн — это применение биологических методов и систем с целью уменьшения веса и повышения прочности. Внешне предметы, выполненные таким способом, отличаются от простых техногенных продуктов. Они обладают особенностями, свойственными растениям, животным, даже человеку. Более того, не всегда схожесть с каким-то живым существом результат целенаправленного копирования. В некоторых случаях разработчики приходят к такому результату благодаря оптимизации техногенных механизмов к действующим в реальном мире гравитации, трению, закону сохранения импульса и тому подобное.

Так же имеет место быть такая вещь, как биомимикрия. Биомимикрия — область инженерного дела, заключающаяся в заимствовании форм и механизмов природы, их применении в инженерии разной направленности.

В рамках проекта «Кентавр» осуществлялась попытка собрать в одном механизме достоинства и бионических роботов, имитирующих анатомию животных, и антропоморфных механизмов.

Строение опорных конечностей имитирует анатомию лошади, дополнительные две конечности позволяют роботу выполнять широкий спектр задач. Суставы рук выполнены таким образом, что робот обладает высокой подвижностью, конечности могут двигаться в разных плоскостях. Конструкция ног обеспечивает механизму отличную проходимость не только по ровной поверхности, но и по пересеченной местности.

Цель работы: Разработка модели робота, сочетающего в себе достоинства бионического и антропоморфного подхода.

Задачи:

- 1. Создать концепт робота-кентавра
- 2. Разработать структуру, конструкцию робота
- 3. Создать модель по разработанному эскизу
- 4. Настроить анимацию робота

Этапы работы

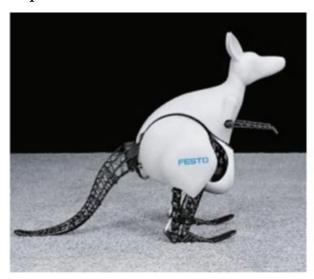
1. Сбор и анализ информации, поиск аналогов

Сейчас разработкой различных роботизированных систем занимаются сотни компаний по всему миру, но в рамках этого проекта интерес представляли работы компании Festo и Boston Dynamics.

Особо примечательна в этой сфере именно компания Festo. Под руководством Festo в объединении с такими учреждениями, как Берлинский технический университет, Технологический университет Делфта, Технический университет Ильменау, Университет Фридриха Шиллера в Йене, Университет Кристиана Альбрехта в Киле, была создана исследовательская сеть Bionic Learning Network (BLN). Так, одна из целей LN это наблюдение и тестирование новых технологий и методов производства.

Так же компания Festo занимается поставками электроники, но с 2006 года в ней существует отдельное направление по созданию биороботов. Наибольший интерес в её работе представляют конструкции, созданные по примеру природы.

Так, одна из первых разработок компании Festo была вдохновлена слонами, а если быть точнее, то их хоботами. Хобот слона способен на работу с предметами разного веса и формы, не повреждая даже самые хрупкие, при этом обладая поразительной гибкостью.





Манипулятор, обладающий схожими характеристиками, назвали Bionic Handling Assistant. Это гибкая роботизированная конечность с мягкими «пальцами», которые надежно и бережно удерживают предметы, впервые представленная в 2010 году. Кинематика хобота полностью сохранена: три сегмента и гибкий захват на конце.

Этот манипулятор используется в разнообразных роботах Festo, в числе коих находится Robotino, небольшой робот, способный перемещать до 1 килограмма груза.



Еще один промышленный манипулятор от Festo, OctopusGripper, создан по подобию щупальца осьминога с присосками и сделан преимущественно из мягкого силикона.

Концепт разработан в 2017 году, и сейчас тестируется на двух пневматических легких роботах — BionicMotionRobot и BionicCobot. Основное преимущество такого манипулятора — его гибкость, он не требует настройки на каждый вид захватываемых объектов и может манипулировать цилиндрическими и круглыми предметами разного диаметра.



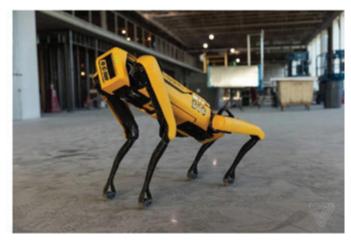
Компания Boston Dynamics, в свою очередь, специализируется на робототехнике, так же в числе их разработок достаточно много «четвероногих» роботов. Роботы компании Boston Dynamics — это очень качественно выполненные проекты, демонстрирующие современный уровень технологий из разных областей. В Boston Dynamics постепенно совершенствуют роботов, собирая прототип, тестируют его и на основе полученных данных проектируют новую версию. С каждым новым поколением роботы приобретают все больше бионических черт, но не из-за копирования природных объектов, а благодаря тому, что такие системы обладают большей прочностью и подвижностью.

В отличие от компании Festo, которая занимается исключительно разработками, Boston Dynamics продают готовых роботов с относительно полным функционалом. Главным таким роботом стал Spot, внешне напоминающий собаку.



Путь от 110 килограммового BigDog (самого раннего прототипа) до компактного и лёгкого робота Spot занял 15 лет.





Длина Spot — 110 см, а в холке робот достигает 84 см. Формально у Spot есть перед — там расположены светодиодные индикаторы состояния. Сзади находится набор разъемов. Робот, тем не менее, движется и вперед, и назад одинаково быстро. Максимальная скорость достигает 5,7 км/ч — его можно обогнать быстрым шагом. Большое количество приводов в лапах позволяют Spot двигаться приставным шагом, разворачиваться на месте, приседать, ложиться на землю, взбираться на поверхности с уклоном до 30 градусов, подниматься по лестницам и вставать после падений. Снаружи робота — покрытие из поликарбоната, внутренний слой сделан из пенопласта. Благодаря этой конструкции Spot не боится ударов о препятствия. Корпус позволяет ему находится под дождём, в окружении строительной пыли, работать при температуре от –20 °C до 45 °C.

Atlas — еще одна разработка от Boston Dynamics, антропоморфный шагающий робот. Его можно было бы назвать флагманской разработкой Boston Dynamics, однако разработчики немного скептически антропоморфных роботов. ОТНОСЯТСЯ к идее По ИХ мнению, делать похожим человека стоит необходимости. робота на только при Антропоморфные роботы действительно подходят почти для любых задач, хотя и проигрывают биоморфному четвероногому роботу в устойчивости, грузоподъёмности и скорости передвижения. Однако, антропоморфные роботы могут функционировать в среде, созданной для человека, успешно использовать человеческую инфраструктуру и инструменты. Это актуально, когда роботы помогают, действуют одновременно с человеком или заменяют его. Кроме того, человекоподобная форма кажется более привлекательной, мы подсознательно склонны доверять антропоморфному созданию.







Итак, имея вполне понятные ориентиры, оставалось определиться с «формой» будущего проекта.

2. Эскизирование

После изучения уже существующих роботов, появилось несколько концепций, среди которых были сочетания гуманоида и паукообразного, кенгуру.





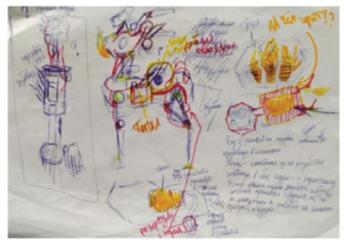
В результате исследований, было решено воспользоваться концепцией именно мифологического существа — кентавра. Он сочетает в себе преимущества в передвижении по сложным поверхностям, устойчивость и свободу в выполнении поставленных задач.

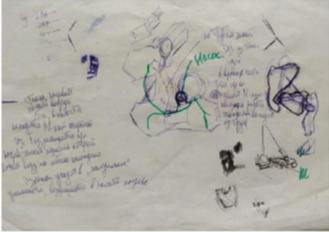
Далее мне было необходимо решить такие проблемы, как:

- > Большой вес всей конструкции
- Невыгодно смещённый центр тяжести
- > Отсутствие места для размещения механизмов.

Большой вес конструкции — самая лёгкая из проблем. Она, закономерно, решается банальным использованием двухслойной схемы щитков. Так, было решено составить щитки передней части из сетки рёбер жёсткости, поверх

которых находилась пластина из более гибкого материала (если говорить именно о материальной реализации).





Проблема сомнительного центра тяжести была решена расположением над задними «ногами» ёмкости с жидкостью для гидравлики. Нехватка места под механизмы решалась бы размещением основного количества нужных систем в туловище и их соединением с конечностями через гибкие шланги.

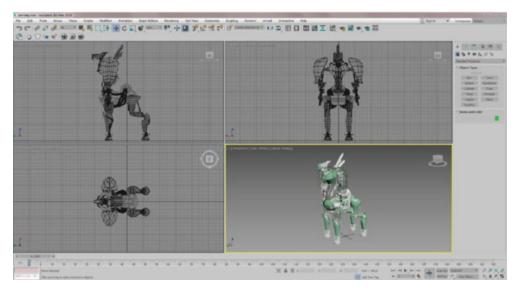
Решение этих проблем было для меня первостепенной целью при создании эскизов, а потому после их решения я мог приступить к моделированию и более детальной проработке.

3. Моделирование

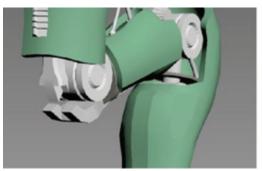
Работа производилась в программе для трехмерного моделирования Autodesk 3ds Мах. Использовались различные методы моделирования, но преимущественно — полигональное моделирование (Editable Poly). Формы конструкции плавные, бионические. Это обеспечивает большую прочность конструкции, облегчает вес и в общем является более эффективным решением.

Для суставов были использованы Dynamics Objects (динамические объекты) — встроенные объекты с привязкой к двум деталям одновременно. Для проводов и труб — сплайны с настроенными параметрами видимости. Кроме того, для тестирования конструкции в модели была настроены иерархические и кинематические связи (частично с использованием системы Bounce (костей) в ногах) для тестирования конструкции в динамике.

Так же были настроены материалы, имитирующие предполагаемые реальные материалы конструкции. Массивные плечевые щитки выполнены из легкого пластика с встроенной для прочности арматурой, корпус на теле и конечностях так же выполнен из полимера с мягкой прокладкой для защиты от внешнего воздействия.

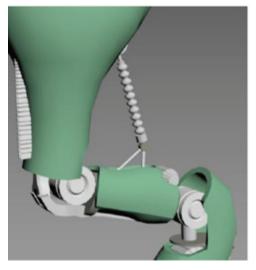


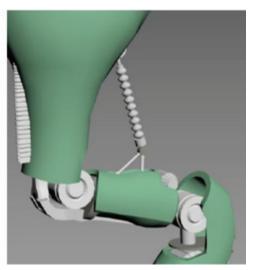
Во время моделирования нижних конечностей было важно продумать не только моторизацию, но и то, как предотвратить изгиб в неправильные стороны. Всё их движение происходило вокруг одной оси, что уже облегчало бы контроль за положением конечности, но ограничители всё равно были необходимы.



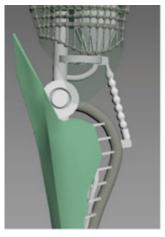


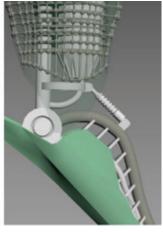
На задних «ногах» в основном эту роль играют физические ограничители, по форме напоминающей детали пазла. Кроме них, тем не менее, так же излишнее движение ограничивают щитки и поршни.





Механическим аналогом мышц-разгибателей во всех подвижных сочленениях стали поршни. В теории, большее количество подобных поршней было бы ещё эффективнее, имитируя поперечнополосатые мышечные ткани, но я решил ограничится одним-двумя поршнями на одно сочленение.

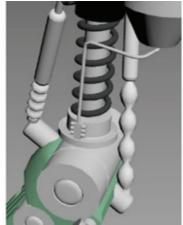


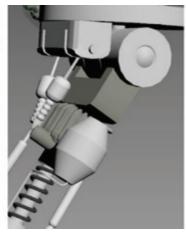


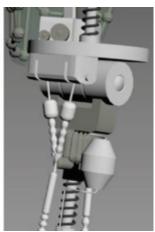
Руки же, в отличие от ног, требовали большой подвижности, а потому в запястьях расположены дополнительные дисковые шарниры. Эти шарниры были использованы и в локтях, что обеспечило поворот по двум осям.

Кроме того, с тыльной и лицевой сторон ладоней поршни стали аналогом мышц сгибателей и мышц-разгибателей. В локтях пара поршней увеличивала силу подъёма.

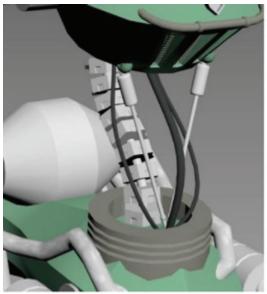








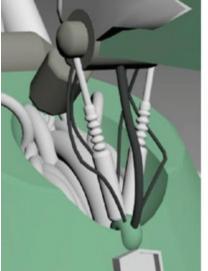
Торс получил ещё больше подвижности. В нём, помимо поршней, частично ставших дополнительной опорой, используется гибкий «позвоночник», местами схожий с ранее упомянутым манипулятором Bionic Handling Assistant от Festo. Такая конструкция обеспечивает большой радиус поворота и широкий угол наклона.

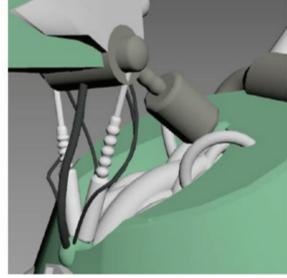




Голова получила максимально возможную свободу движения. Конструкция из трёх поршней сделала возможными поворот почти на 360 градусов и любой

угол наклона.





4. Визуализация

Рендер модели производился с разных ракурсов, в статических и динамических позах. Кроме того, в гиф-формате представлена тестовая анимация, в которой продемонстрировано движение робота.



Выводы

Была проделана большая работа по изучению темы и созданию собственной концепции робота. Получившийся экземпляр предназначен для широкого спектра задач, высокомобилен и подвижен. Благодаря четырем опорным конечностям он сможет преодолевать пересеченную местность, ступеньки, холмы, и препятствия другого рода. Два манипулятора антропоморфной части позволят совершать множество мелких манипуляций, но при необходимости их можно заменить на узкоспециализированные под конкретные задачи инструменты.

Однако, из-за достаточно больших габаритов использование его в качестве робота-помощника в среде, предназначенной для человека, затруднено. Передвигаться в узком пространстве человеческого жилья будет затруднительно.

Во время моделирования были использовано множество различных способов создания объектов в среде 3D Мах, отработаны способы применения различных инструментов, встроенных систем, симуляций. Применялись кинематика и иерархические структуры, была настроена персонажная анимация.

Как и многие подобные проекты, «Кентавр» можно продолжить разрабатывать, проект робота может стать более лаконичным. Антропоморфность так же может быть уменьшена, ведь два манипулятора могут быть как излишними, так и недостаточными. Тем не менее, проект «Робота-кентавра» получился концептуальным, проработанным и дающим импульс к дальнейшему совершенствованию.

Список литературы:

- 1. Changing your idea of what robots can do. [Электронный ресурс] URL: https://www.bostondynamics.com/
- 2. FESTO [Электронный ресурс] URL: https://www.festo.com/group/en/cms/12747.htm
- 3. Бойко Б. Вдохновленные природой: Бионические роботы [Электронный ресурс] URL: https://www.osp.ru/pcworld/2015/11/13047401
- 4. Андреева Е. Бионические роботы Festo: пауки и осьминоги на фабриках будущего? [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/company/smileexpo/blog/416989/
- 5. Santr Y. Как это устроено: poбот Spot от Boston Dynamics [Электронный pecypc] URL: https://habr.com/ru/post/521878/
- 6. Догнать эволюцию: история шагающих роботов Boston Dynamics
- 7. [Электронный ресурс] URL: https://vc.ru/future/25909-boston-dynamics-robots
- 8. Kornelik Как создавались антропоморфные роботы Boston Dynamics: история компании [Электронный ресурс] URL: https://integral-russia.ru/2021/01/14/kak-sozdavalis-antropomorfnye-roboty-bostondynamics-istoriya-kompanii/

Приложение 2

«Планеры — наука и спортивное увлечение»

Автор: Тихонов Василий, 9 лет

Руководитель: Сушинин Р. О., педагог дополнительного образования,

ГБНОУ Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества, 2022 г.

Победитель регионального конкурса проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения», 2022 год.

Введение

Впервые полет модели планера в небе я увидел два года назад. Его запускал мой двоюродный брат. Меня впечатлил полет! Не птица — но летит! Появилось множество вопросов: почему планер летит? как правильно запускать планер? как построить свою модель? В течение летних каникул мы запускали разные модели планеров, в том числе и мотопланеры. Он рассказывал мне об устройстве планера, о благоприятных метеорологических условиях для запуска, учил из каких материалов и как правильно изготовить модель. Это увлечение меня жутко заинтересовало, и я продолжил свое обучение в ЦДТТ.

Данная тема актуальна и интересна молодым людям, стремящимся познакомиться с романтикой полетов или заложить основы будущей профессии инженера. Строительство модели планера доступно почти всем. Думаю, что каждому мальчику и девочке интересно знать, почему летит планер и как продлить дальность его полета. Именно этому типу летательных аппаратов я посвятил свой проект.

Цель: определить, что влияет на дальность полета планера.

Гипотеза: предположим, чтобы увеличить дальность полета планера, необходимо изменить некоторые технические параметры модели.

Задачи:

- 1. Собрать информацию об истории развития планеризма.
- 2. Изучить устройство планёра.
- 3. Выяснить причины полета планера.
- 4. Узнать какие бывают виды моделей планеров.
- 5. Изготовить несколько моделей планеров.
- 6. Исследовать дальность и траекторию полета планера при изменении некоторых параметров модели.
- 7. Определить условия дальности полета планера.
- 8. Провести соревнование между двумя моделями планеров.

1. О планерах

1.1. История развития планеризма

Истории о хитроумных приспособлениях, с помощью которых люди пытались преодолеть земное притяжение, сохранились в древнейших мифах, легендах и сказках. Ученые с давних времен исследуют механизм полета насекомых и птиц, строение их тел и крыльев, чтобы понять, как животным удается удержаться в воздухе. Первые устройства для полета в точности копировали птичьи крылья. Их даже покрывали толстым слоем перьев. Конечно же, даже просто оторваться от земли с помощью таких приспособлений было невозможно. Ученые следовали за мечтой преодолеть земное притяжение, подняться в облака и посмотреть на мир с высоты птичьего полета. Их считали фантазерами, бездельниками и глупцами. Все их неудачи и промахи были важны для развития авиации и воздухоплавания не меньше, чем успехи и открытия.

Немецкий инженер Отто Лилиенталь одновременно с Николаем Егоровичем Жуковским во второй половине 19 века исследовал механику полета птиц (рис.1). Лилиенталь описал, как их крылья движутся в воздухе, как их обтекают потоки воздуха. Исследователь провел множество экспериментов, чтобы понять как птицы «ловят» подходящий поток воздуха, когда отрываются от земли или парят. Среди его изобретений махолёты и планеры-монопланы с одним крылом и перекладиной, за которую должен держаться пилот, бипланы, то есть с двумя крыльями, расположенными вертикально одно над другим.



Рис.1 Парящий в воздухе орел.

Начиная с 20-х годов 20 века в нашей стране появляется все больше летно-планерных школ для будущих пилотов, которые должны были научиться управлять планёром, перед тем как сесть за штурвал самолета.

С началом первой мировой войны деятельность конструкторов и планеристов заметно сократилась. Во времена Великой Отечественной войны тысячи увлеченных и талантливых планеристов пересели на боевые самолеты. Но оставались и те, кто перевозили на планерах оружие, боеприпасы и десантировали солдат в тыл врага. После войны спортивный планеризм пришлось возрождать заново. Вся сеть планерных школ и кружков была разрушена.

В настоящее время планеры сохранились в основном в виде спортивного увлечения. Созданы школы авиамоделирования для школьников, где учатся создавать модели планеров и ими управлять, организуют соревнования.

^{1.} Энциклопедия. Авиация, 2018

1.2. Устройство планера

Перейдем к вопросу изучения устройства планера. Планеры кажутся простыми, но просты они только в техническом плане, т.к. такие модели не требуют сложных конструктивных решений, тем не менее, постройка и осуществление их стабильных летательных характеристик — дело тонкое и кропотливое.

Планер (прил. 1, рис.1) состоит из таких деталей, как:

- 1. *Крыло* важнейшая часть планера, создающая подъемную силу, необходимую для удерживания его в воздухе. Крыло планера состоит из двух симметричных половин консолей, которые крепятся к фюзеляжу. На задней кромке крыла расположены симметрично элероны аэродинамические детали управления. Элероны предназначены для управления углом крена планера. Для крена планера вправо, поворачивается правый элерон вверх, а левый вниз; и наоборот.
- 2. Фюзеляж это корпус планера, соединяющий в одно целое все его части. Обычно он имеет вид плоской силовой фермы, к которой прикреплена гондола. Гондола это обтекаемая коробка с каркасом. В ней помещается кресло летчика, а в нижней части имеется крюк для буксировки.
- 3. *Хвостовое оперение* необходимо планеру для уравновешивания сил. Оно подразделяется на:
- » горизонтальное *стабилизатор*, или *руль высоты*. Применяется для поворота по продольной оси.
- » вертикальное *киль*, или руль направления. Применяется для поворота по плоскости, без потери высоты.

Стабилизатор и киль прочно зафиксированы. Они обеспечивают аппарату равновесие и возвращают его в прежнее положение. Руль высоты, руль направления и элероны отвечают за изменение линии движения.

1.3. Почему летит планер

Изучив устройство планера, дадим ему определение.

Планёр (планер) — безмоторный летательный аппарат тяжелее воздуха, поддерживаемый в полете за счет аэродинамической подъемной силы, создаваемой на крыле набегающим потоком воздуха².

Подъемная сила крыла возникает благодаря тому, что поперечное сечение крыла представляет собой чаще всего несимметричный профиль с более выпуклой верхней частью2. Крыло планера перемещаясь, рассекает воздух. Одна часть струек встречного потока воздуха пойдет под крылом, а другая — под ним.

Профиль крыла имеет форму капли. Капля принимает такую форму, падая, обтекая набегающим потоком воздуха.

Узнать, что такое подъемная сила, мне помог опыт в домашних условиях. Нарисуем и вырежем модель крыла из потолочной панели (тонкого пенопласта). Придадим плоско-выгнутую форму профиля крыла с помощью шкурки и закруглим переднюю кромку крыла для лучшего обтекания воздухом и меньшего сопротивления (прил.2, фото 1, 2, 3, 4). Проткнем крыло ближе к передней кромке соломинкой и направим струю воздуха из фена на переднюю

^{2.} Энциклопедия. Авиация, 2018

кромку крыла. Крыло будет подниматься вверх по соломинке (прил.2, фото 5,6,7), потому что поток воздуха, огибающий крыло сверху, движется быстрее и проходит большее расстояние, чем воздух, обтекающий нижнюю поверхность. Поэтому верхний поток меньше давит на крыло.

Чем больше давление воздуха снизу превышает давление сверху, тем сильнее выталкивается вверх крыло. Так создается подъемная сила. Это основная сила, которая поддерживает планер в воздухе (прил.3, рис.1).

Существует еще один важный фактор, который влияет на величину подъемной силы — *угол атаки крыла* (прил.3, рис.2). Угол атаки крыла создается, когда профиль крыла расположен под углом к воздушному потоку3.

В опыте видно, когда крыло было параллельно воздуху из фена, то оно не поднималось. Как только задняя кромка крыла опускалась вниз, то воздух из фена начинал поднимать крыло вверх.

Когда подъемная сила становится больше силы тяжести, планер взлетает. После взлета планер может планировать и парить.

Планирование — это полет со снижением в потоках обтекания воздуха.

Парение — это полет, когда аппарат находится в воздухе под воздействием подъемной силы, создаваемой «термиками». В этом случае планер парит в восходящих термических потоках, находясь на одной и той же высоте либо набирая ее. Термические потоки формируются в связи с неравномерным нагреванием поверхности земли — над равнинами, полями, скалами она нагревается быстрее, и воздушные массы устремляются ввысь, увлекая за собой летательный аппарат.

Зимой парящие полеты не проводятся. Несмотря на то, что наиболее интенсивные восходящие потоки для средних широт характерны в теплое время года, потоки обтекания существуют круглый год, поэтому планеризм успешно развивается и зимой. Наиболее благоприятные метеорологические условия для полета планера в теплое время года, примерно с начала апреля по конец октября, когда солнце нагревает землю и от земли поднимаются теплые воздушные массы и дует ветерок.

1.4. Виды моделей планеров

Моделей планеров очень много, они отличаются размерами, площадью и формой крыла, весом, обтекаемостью фюзеляжа, наличием тех или иных органов управления, наличием двигателя, пропеллера, способом запуска и другими параметрами. В своем проекте я рассмотрел самые основные и доступные виды метательных планеров:

- Свободнолетающий комнатный планер (прил.4, фото 1). Легкая и небольшая модель планера. Запуск производится с руки за подкос или за крыло. Для успешного длительного полета модель должна быть правильно настроена, потому что в полете на нее невозможно подействовать (свободно летающие). Такой планер может быть изготовлен из пенопласта, легкого дерева, реек, композита.
- » Свободнолетающий уличный планер (прил.4, фото 2). Планер небольших размеров. Запуск производится также за подкос или за крыло. Имеет больший

^{3.} Угол атаки и аэродинамические силы. Авиация понятна всем. http://avia-simply.ru/ugol-ataki-ad-sili

вес и большую жесткость в отличие от комнатного планера. Изготавливают этот планер из тех же материалов что и комнатный планер. Летит он в уличных воздушных потоках. На улице планер попадает в воздушные потоки, создаваемые ветром и исходящим теплом от земли.

- Радиоуправляемый планер (прил.4, фото 3). Размер планера от 800 см до 1,5 метра. Таким планером можно управлять с помощью пульта на радиоуправлении. Отклоняются рулевые плоскости при помощи рулевых машинок. Запуск производится с руки за пилон (подкос) или за крыло. Для полёта используются восходящие потоки воздуха. Изготавливают такой планер из пенопласта, композита, деревянных реек, тонкой фанеры.
- > Мотопланер (прил.4, фото 4). Имеет большой размер от 1 до 4 метров. Запуск производится с руки. Для первичного набора высоты используется электромотор с пропеллером. После достижения необходимой высоты двигатель отключается, планер планирует по потокам воздуха. Изготавливают такие планеры также из пенопласта, композита, деревянных реек, тонкой фанеры.

2. Исследование длительности полёта моделей планеров

2.1. Изготовление моделей планеров

Исследование дальности полета будем проводить на примере метательного свободнолетающего комнатного планера. Построим две разные модели планера такого вида по готовым чертежам (прил.5 чертеж 1, прил.6 чертеж 2). Приступим к самому интересному — изготовлению моделей.

Нам необходимы следующие материалы и инструменты: потолочные панели из пенопласта, рейки деревянные, клей Титан, канцелярский нож, наждачная бумага (прил.7, фото 1).

Распечатаем чертеж 1 на бумаге с помощью принтера. Вырежем из бумаги детали планера. Обведем шаблоны на поверхности потолочной панели. Вырежем детали из потолочной панели канцелярским ножом. Шкуркой обточим края, чтобы детали приобрели обтекаемый вид. Далее склеим детали с помощью клея Титан. Оставим сохнуть, клею необходимо высохнуть не менее 12 часов. Тем временем, займемся изготовлением второй модели. По аналогии выполним крылья и хвостовое оперение. Для фюзеляжа подготовим тонкую круглую деревянную рейку 4мм. Ей нужно придать вид капсулы. Для этого с помощью крупной шкурки нужно сточить ее к одному концу до 1 мм. Приклеим киль к стабилизатору. Готовое оперение хвоста приклеим к фюзеляжу. И оставим сохнуть. Ну вот, все подсохло, можно крепить крыло. Конечно, опять нужно чтобы клей высох (прил.7, фото 2–10).

На следующий день клей высох, теперь можно запускать модели. Готовые модели планеров назовем «Журавель» и «Ястреб» (прил.7, фото 11). Для проведения исследования было изготовлено 7 моделей планеров с разными техническими характеристиками.

2.2. Исследование дальности полета моделей планеров при изменении параметров

Проведем исследование, как будет меняться траектория и дальность полета планера на примере двух моделях «Ястреб» и «Журавель», при изменении центра тяжести планера, профиля крыла и угла атаки крыла.

Опыт №1. Изменение центра тяжести модели.

Силу тяжести будем менять с помощью груза из пластилина (прил.8, фото1). Произведем три запуска планера:

- 1. Без груза на носу (прил.8, фото 2-3). Центр тяжести находится на задней кромке крыла. Результат: планеры летят вверх и падают. Это называется кабрирование.
- 2. Много груза на носу (прил.8, фото 4-5). Центр тяжести находится на передней кромки крыла. Результат: планеры летят вниз и стремительно падают. Это называется пикирование.
- 3. Центр тяжести 20% от передней кромки крыла (прил.8, фото 6-7). Нужно прикрепить среднее количество груза, чтобы добиться плавной траектории планирования модели. Результат: планер пролетел плавно, но короткое расстояние.

Полет моделей планеров с изменением центра тяжести изображен на схеме (рис.3).

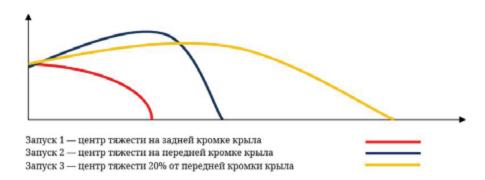


Рис.3 Схема полета моделей планеров с изменением центра тяжести.

Опыт №2. Изменение профиля крыла.

В опыте с подъемной силой крыла, я придавал крылу профиль плоско-выпуклой формы. Далее во всех моделях профиль крыла будет таким же.

Проведем два запуска планера (прил.9, фото 1-2):

- 4. *Без профиля крыла* (прил.9, фото 3-4). В опыте №1 во всех случаях я запускал планеры без профиля крыла. Поэтому я знаю результат их полета. Результат: Планеры летят, траектория их полета короткая.
- 5. *С профилем крыла* (прил.9, фото 5-6). Результат: Планеры взлетают чуть выше и траектория их полета чуть длиннее и более плавная, т.к. подъемная сила увеличивается за счет профиля крыла, но она еще очень низкая.

Полет моделей планеров с изменением профиля крыла изображен на схеме (рис.4).

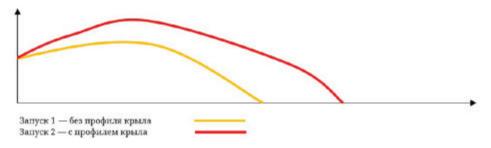


Рис.4 Схема полета моделей планеров с изменением профиля крыла.

Опыт №3. Изменение угла атаки крыла.

В этом опыте запускать будем только модель «Журавель». Его конструкция позволяет менять угол атаки крыла. Крыло данной модели крепится на пилон, поэтому будем менять угол скоса пилона. Модель «Ястреб» изготовлена с правильным углом атаки, менять его не будем.

Произведем четыре запуска модели планера «Журавель». Для этого заготовим модели с разным углом атаки крыла.

- 1. *Крыло параллельно балки фюзеляжа (угол атаки крыла 0 градусов)* (прил.10, рис.1). Результат: при запуске планера в опыте 2.2 и 3.1 используется одинаковые модели, т.к. в обоих случаях угол пилона 0 градусов и присутствует профиль крыла. Величина подъемной силы очень низкая.
- 2. *Крыло с отрицательным углом атаки* (прил.10, рис.2). Результат: в полете планер сразу падает (пикирует), так как задняя часть крыла поднята вверх. Журавель без груза крутится вокруг себя и падает.
- 3. *Крыло с положительным углом атаки (20 градусов и более)* (прил.10, рис.3). Результат: планер кабрирует задирает нос. Величина подъемной силы высокая. Траектория полета короткая.
- 4. *Крыло с положительным углом атаки (10 градусов)* (прил.10, рис.4). Результат: планер летит по плавной траектории с оптимальной величиной подъемной силы. Траектория полета плавная и длинная.

Полет моделей планеров с изменением угла атаки крыла изображен на схеме (рис.5).

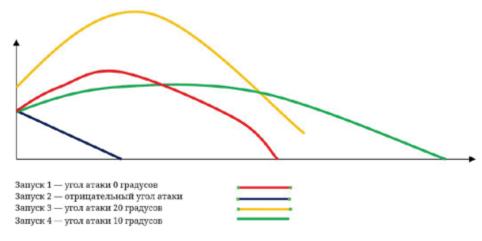


Рис.5 Схема полета планеров с изменением угла атаки крыла.

Настройки все выполнены. Пришло время устроить соревнование между двумя моделями «Ястреб» и «Журавель»! Кто же победит? Победил «Журавель»! Подъемная сила его крыльев и конструкция фюзеляжа оказались выигрышными! Журавель пролетел дальше. Ястреб пикировал и сломался... (прил.11, фото 1).

Выводы

Мы узнали, что планер — это безмоторный летательный аппарат, поддерживаемый в полете за счет аэродинамической подъемной силы, создаваемой на крыле набегающим потоком воздуха. Предположение гипотезы подтвердилось. Чтобы увеличить дальность полета планера, нужно создать оптимальную подъемную силу: правильно настроить планер — определить центр тяжести планера, создать крылу профиль и установить угол атаки крыла 10 градусов.

На полет планера влияют еще внешние факторы — метеорологические условия. Для проведения испытаний на улице необходимы другие виды планеров: уличный, радиоуправляемый, мотопланер. Скоро наступит теплое время года, и тогда я продолжу спортивные испытания на улице! До новых встреч!

Список литературы

- 1. Научно-популярное издание. Серия «Хочу все знать». Авиация. Энциклопедия для детей школьного возраста. 2018.
- 2. Ресурсы интернет: Угол атаки самолета. https://avia.pro/blog/ugol-ataki
- 3. Ресурсы интернет: Угол атаки и аэродинамические силы. Авиация понятна всем. http://avia-simply.ru/ugol-ataki-ad-sili
- 4. Ресурсы интернет: Как научиться летать без мотора. http://www.rcdesign.ru/articles/avia/thermals_practict

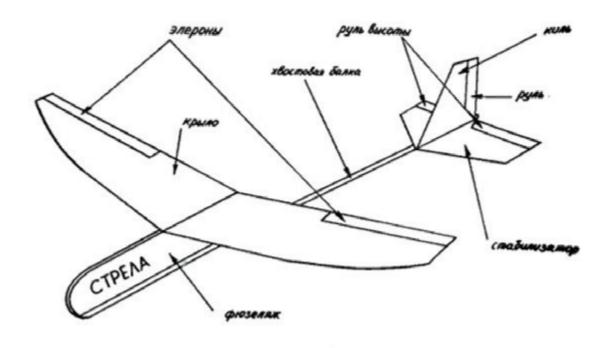


Рис.1. Устройство планера.

Приложение 2.2

Опыт: «Что такое подъемная сила?»



Фото 1. Вырезание крыла



Фото 2. Закругление передней кромки крыла



Фото 3. Создание профиля крыла

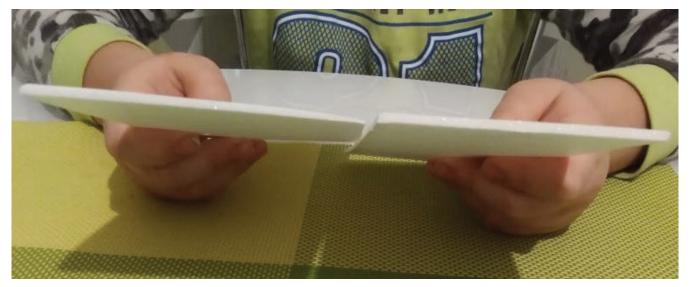


Фото 4. Сравнение крыла с профилем и



Фото 5. Начало опыта: крыло внизу



Фото 6. Середина опыта: крыло поднимается вверх



Фото 7. Конец опыта: крыло взлетело

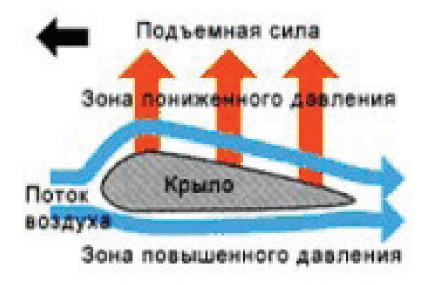


Рис.1 Схема подъемной силы профиля крыла

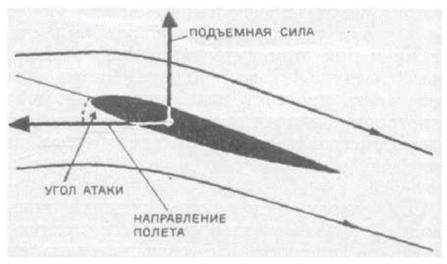


Рис.2 Схема подъемной силы угла атаки крыла

Виды моделей планеров

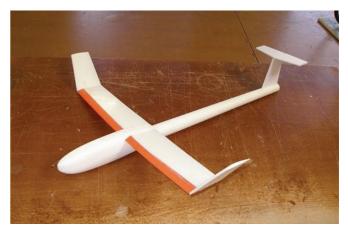


Фото 1. Свободнолетающий комнатный планер



Фото 2. Свободнолетающий уличный планер



Фото 3. Радиоуправляемый планер



Фото 4. Мотопланер

Изготовление моделей планеров



Фото 1. Материалы и инструменты

Приложение 2.6

Изготовление моделей планеров









Фото 2-10. Процесс изготовления моделей планеров

Изготовление моделей планеров



Фото 11. Готовые модели планеров «Журавель» и «Ястреб».

Опыт №1. Запуск моделей планеров с изменением центра тяжести с помощью пластилина



Фото 1. Процесс крепления груза (пластилина) на нос модели





Фото 2-3. Модели «Ястреб» и «Журавель» без груза на носу. Центр тяжести на задней кромке крыла

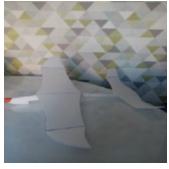




Фото 4-5. Модели «Ястреб» и «Журавель» с большим грузом на носу. Центр тяжести на передней кромки крыла

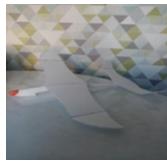




Фото 6-7. Модели «Ястреб» и «Журавель» с оптимальным грузом на носу. Центр тяжести 20% от передней кромки крыла. Модели сбалансированы

Опыт №2. Запуск моделей планеров без профиля крыла и с профилем крыла.





Фото 1. Запуск модели «Журавель»

Фото 2. Запуск модели «Ястреб»





Фото 3-4. Модели «Ястреб» и «Журавель» без профиля крыла





Фото 5-6. Модели «Ястреб» и «Журавель» с профилем крыла

Опыт №3. Запуск модели планера «Журавель» с изменением угла атаки крыла.

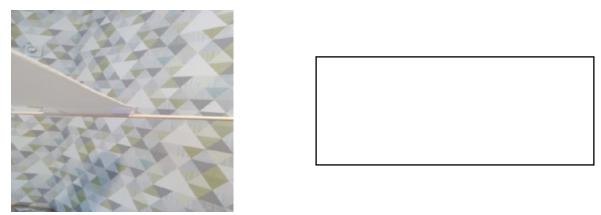


Рис.1. Крыло параллельно балки фюзеляжа (угол атаки крыла 0 градусов)



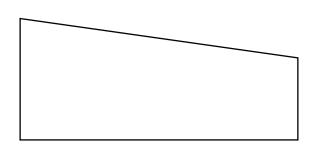


Рис.2. Крыло с отрицательным углом атаки



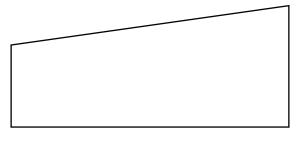


Рис.3. Крыло с положительным углом атаки (20 градусов и более)



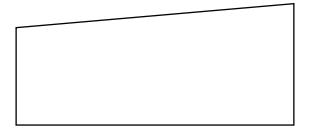


Рис.4. Крыло с положительным углом атаки (10 градусов)

Соревнование между моделями «Журавель» и «Ястреб».



Фото 1. Результат соревнования моделей «Журавель» и «Ястреб»

Приложение 3 «Исследование наличия эффекта Томса для водных растворов некоторых полимеров»

Автор: Яшин Тимофей, 10 класс, Яшин Денис, 8 класс, Сахно Дмитрий, 8 класс Руководитель: Давыдов В. Н педагог дополнительного образования,

ГБНОУ Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества, 2022 г.

Победители регионального конкурса проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения», 2022 год

Введение

Сегодня довольно трудно представить себе нашу жизнь без использования различных полимеров. Полимеры сыграли решающую роль при развитии многих отраслей промышленности и их с полным правом можно назвать одними из главных двигателей технического прогресса. Одним из нетривиальных, интересных и в то же время недостаточно изученных явлений, связанных с применением полимеров, является эффект Томса.

Исследование данного физико-химического феномена является актуальным в современной науке и технике, поскольку эффект Томса представляет несомненный практический интерес в тех областях промышленности, где возникает необходимость в транспортировке больших объёмов жидкости. Помимо нефтедобывающей отрасли эффект Томса широко используется для повышения «дальнобойности» водных струй из шлангов брандспойтов при тушении сильных пожаров, для интенсификации процесса водоструйного резания мраморных и гранитных плит, для повышения скорости движения судов и подлодок, в биологии и медицине и др.

Учитывая большие перспективы технического использования, мы выбрали эффект Томса в качестве объекта нашего исследования. В качестве предмета исследования мы выбрали демонстрацию и расширение области практического использования этого эффекта.

В школьную программу по физике и химии эффект Томса не включен и никак не обсуждается даже на факультативах или элективных курсах, но данная тема была бы актуальна при изучении гидродинамики и полимеров. Однако для наглядного представления эффекта Томса необходимо специальное оборудование, которое отсутствует в школьных кабинетах физики и химии.

Цель нашей работы — разработка демонстрационных экспериментов, позволяющих продемонстрировать эффект Томса в условиях школы или учреждения дополнительного образования детей.

Задачи проекта:

- 1. Ознакомиться с эффектом Томса на основе Интернет- источников и литературы;
- 2. Создать демонстрационную установку для изучения эффекта Томса;
- 3. Подобрать условия для демонстрации эффекта Томса.

Практическое применение нашего демонстрационного оборудования мы видим на факультативных занятиях по естественным наукам в школах и в объединениях естественнонаучной направленности в учреждениях дополнительного образования.

Теоретическая часть

История открытия эффекта Томса интересна и нетривиальна. На одном из нефтеперерабатывающих предприятий США при перекачке нефти по трубопроводу в поток случайно попало небольшое количество гуара (полимер растительного происхождения — разновидность каучука). После этого обслуживающий персонал обратил внимание на то, что насосы, перекачивающие нефть, стали работать со сниженной нагрузкой. Обнаруженным явлением, естественно, заинтересовались. Прежде всего были проанализированы все события, имеющие хотя бы какую—либо косвенную аналогию. Выяснилось, что иногда в районах морей с большим скоплением планктона животного и растительного происхождения у судов при неизменной мощности энергетической установки неожиданно возрастала скорость, а затем, по прошествии некоторого времени, она становилась прежней. Аналогичная картина наблюдалась и в опытных бассейнах при испытаниях быстро движущихся моделей, когда через некоторый промежуток времени при повторном испытании одной и той же модели её сопротивление значительно изменялось [4].

Первым, кто всерьёз взялся за изучение загадочного явления стал, английский химик Б. А. Томс (В.А. Тотм). Ученый, выполняя исследования по свойствам растворов полимеров, обнаружил, что добавка в воду раствора длинноцепного полимера (полиметилметакрилата) в монохлорбензоле оказала неожиданно большое влияние (снижение на 80 %) на гидродинамическое сопротивление. В 1948 году на Первом международном реологическом конгрессе в Амстердаме Томс рассказал о своих опытах и впервые определил полимеры как эффективные агенты снижения гидродинамического сопротивления. Он установил, что при постоянном перепаде давления скорость потока жидкости может быть увеличена добавлением полимеров. Теперь это явление называют эффектом Томса. Позднее был введен англоязычный термин Drag Reduction (DR), что в переводе на русский язык означает «снижение гидродинамического сопротивления в турбулентном режиме течения».

Первое промышленное применение снижающих сопротивление добавок полимера имело место на Транс Аляскинском нефтепроводе с диаметром труб 1220 мм, пролегающем от Северного склона до Вальдеза на юге Аляски. Полимерные присадки с успехом применялись также на нефтепроводах Ирак — Турция, Басс Стрейт в Австралии, в шельфовых разработках Мумбая и Северного моря, а также при перекачке нефтепродуктов. В каждом случае полимерная композиция разрабатывалась под конкретную углеводородную жидкость, однако

действующей основой почти всех их являются полимеры и сополимеры высших α-олефинов [1].

Однако эффект снижения гидравлического сопротивления трения жидкости при введении в ее поток полимерных добавок (эффект Томса) проявляется лишь при больших числах Рейнольдса, то есть при турбулентном течении жидкости. Поэтому его также называют эффектом снижения турбулентности потока [2]. Использование безразмерных чисел для оценки характера потока жидкости было введено в обращение английским физиком Осборном Рейнольдсом. Это число, которое теперь называют числом Рейнольдса и обозначают Re, характеризует поток жидкости:

Re = $vL\rho/\eta$,

где ρ , $\kappa z/M^3$ — плотность жидкости; v, M/c — скорость потока жидкости; L, M — характерная длина элемента потока; η , $H \cdot c/M^2$ — коэффициента вязкости.

При значении этого числа 2000–3000 поток становится полностью турбулентным, а при значении Re меньше нескольких сотен — поток полностью ламинарный (то есть не содержит завихрений). Между двумя этими значениями характер потока носит промежуточный характер [4].

Эффект Томса состоит в аномальном снижении потерь давления при (турбулентном) перемещении жидкости по трубопроводу. Достигается он введением в жидкость длинноцепного полимера в малых количествах (0,01-0,02% масс.) [6], что приводит к снижению турбулентных всплесков и пульсаций в буферной (переходной области) и препятствует их распространению в область ламинарного течения, тем самым, стабилизируя ламинарный подслой [2].

Выдвинуто несколько гипотез о механизме возникновения эффекта Томса:

- 1. Ориентация молекул воды вокруг макромолекул полимера с возникновением структур, которые уменьшают трение внутри потока и гасят турбулентные завихрения.
- 2. Адсорбция молекул полимера стенками трубопровода с образованием тонкой скользкой пленки.
- 3. Псевдопластичность неньютоновской жидкости, эффективная вязкость которой заметно снижается при увеличении скорости потока, но жидкость, содержащая микроколичество полимера (0,003–0,004 %), не проявляет взаимодействия макромолекул.
- 4. Ориентация частично вытянутых и длинноцепочных молекул до спиралей из клубков и взаимодействие их в потоке с пристенными турбулентными вихрями, что приводит к сглаживанию вихрей.
- 5. Набухание в воде ассоциатов 2–10 мкм макромолекул 10–100 нм полимера определенного размера (2–10 мкм), так называемых «пачек» (размер вытянутых макромолекул 10–100 нм, а размер порошкообразных частиц 100–2000 нм).
- 6. Подавление вихрей в турбулентном потоке и распространение этого явления на область больших их размеров по мере усиления вязкоупругих свойств растворов [5].

Однако до сих пор не существует общепринятой теории, которая бы объясняла эффект Томса.

Экспериментальная часть

Демонстрация эффекта Томса требует использования потоков жидкостей со значительными скоростями. Лишь в этом случае достигаются величины числа Рейнольдса, отвечающие турбулентному характеру потока. Среди доступных для использования в школьных условиях устройств нужными характеристиками потока жидкости обладают детские водяные пистолеты.

Рассмотрим историю создания и устройство водяного пистолета. Водяные пистолеты с насосным действием — сравнительно недавнее дополнение к арсеналу водяных пистолетов. Пластиковые пистолеты-шприцы издавна были основной игрушкой американских детей. Эти традиционные игрушки выбрасывают относительно слабый поток воды, требующий частых перерывов для наполнения. Пистолет с насосным действием работает по принципу, отличному отего предшественников. Пользователь накачивает пистолетную ручку, которая создает давление воздуха в резервуаре. Когда пользователь затем использует поршневой спусковой механизм, сжатый воздух выбрасывает воду из отдельного водяного резервуара, что приводит к сильному потоку воды, который может достигать 50 футов (15 м). Оригинальный водяной пистолет с насосным действием был изобретен американским инженером Лонни Джонсоном, а игрушки производятся под торговой маркой Super Soaker корпорацией Larami из Маунт Лорел, штат Нью-Джерси. Несмотря на успех SuperSoaker, другие компании приняли и расширили дизайн.

Мы использовали детский водяной пистолет с насосным действием для демонстрации эффекта Томса. В процессе работы над проектом была проведена модификация пистолета: ручную помпу заменили на велосипедный насос, на крышку бака с водой установили манометр от ручного тонометра для отслеживания давления воздуха, а также переделали спусковой механизм, заменив его краном. Собранная экспериментальная установка представлена на рис.1.



Рис. 1. Экспериментальная установка

После сборки экспериментальной установки были проведены опыты по измерению длины водяной струи, выпускаемой из сопла, установленного под углом 450 к горизонту при избыточном давлении 300 ммНg с дистиллированной водой и раствором полиэтиленгликоля с массовой долей 0,05% (см. табл.1) и с дистиллированной водой и раствором полиметилметакрилата (см. табл.2)

Таблица 1. Опыты с раствором полиэтиленгликоля

Опыт	Состав рабочей жидкости	Избыточное давление, мм Hg	Расстояние, которое прошла струя, см
1	Дистиллированная вода, 500 мл	300	207.5
2	Дистиллированная вода, 500 мл	300	204.0
3	Дистиллированная вода, 500 мл	300	209.5
4	0,05% полиэтиленгликоля	300	231.5
5	0,05% полиэтиленгликоля	300	233.5
6	0,05% полиэтиленгликоля	300	238.0

Наши опыты показали, что введение в рабочую жидкость примерно 0,05% по массе полиэтиленгликоля позволяет значительно увеличить длину выбрасываемой из водяного пистолета струи, наглядно демонстрируя эффект Томса.

Для получения раствора полиметилметакрилата в дистиллированной воде мы растворили вещество в ледяной уксусной кислоте, и уже потом добавили полученный раствор в дистиллированную воду. В результате произошло высаливание, и образовался шар, внутри которого содержался раствор полиметилметакрилата в уксусной кислоте (см. рис.2). Образовавшаяся система была оставлена в покое на трое суток, после чего вода, содержащая следы полиметилметакрилата была использована в опытах по исследованию эффекта Томса.

Таблица 2. Опыты с раствором полиметилметакрилата

Опыт	Состав рабочей жидкости	Избыточное давление, мм Hg	Расстояние, которое прошла струя, см
1	Дистиллированная вода, 500 мл	300	198.0
2	Дистиллированная вода, 500 мл	300	229.0
3	Раствор полиметилметакрилата	300	275.0
4	Раствор полиметилметакрилата	300	287.0
5	Раствор полиметилметакрилата	300	264.0

Заключение

Наши опыты показывают, что эффект Томса может быть продемонстрирован на установке, созданной на базе детского водяного пистолета насосного типа.

Полученные результаты могут быть использованы для увеличения дальности действия детских водяных пистолетов, а потому могут быть интересны для их производителей.

Библиография

- 1. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. [Электронный ресурс] URL:
- 2. https://niitn.transneft.ru/u/section_file/246771/43.pdf
- 3. Применение водорастворимых полимеров для снижения гидравлического сопротивления трения. [Электронный ресурс] URL: https://esj.today/PDF/35SAVN318.pdf
- 4. Число Рейнольдса. [Электронный ресурс] URL: https://elementy.ru/trefil/21200/Chislo_Reynoldsa
- 5. Чичканов С.В., Мягченков В.А. Эффект Томса перспективные области применения // Химия, технология и использование полимеров. [Электронный ресурс] URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effekt-tomsa-perspektivnye-oblasti-primeneniya/viewer
- 6. Эффект Томса. [Электронный ресурс] URL: http://science.spb.ru/files/lzvetiyaTI/2009/6/Articles/14/files/assets/downloads/p ublication.pdf
- 7. Эффект Томса и дилатансия очищают мосты от ржавчины. [Электронный ресурс] URL: https://www.kommersant.ru/doc/1772307

Приложение 4

«Прибор для нанесения травяного покрова ПНТП — 1»

Автор: Алькимович Арсений, 4 класс

Руководитель: Андреев К. А., педагог дополнительного образования,

ГБНОУ Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества,, 2022 г.

Победитель регионального конкурса проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения», 2022 год

Введение

При создании любой диорамы моделист всегда сталкивается с проблемой создания реалистичности и каждый решает её по-своему. Особенно сложно показать летний ландшафт и, в частности, травяное покрытие. В основном применяют способ обсыпки имитационным материалом (травой), но часто она ложится хаотично в разных направлениях. Сделать обсыпку вертикальной можно благодаря действию электростатического поля с помощью генератора отрицательных ионов.

Изучив предложения рынка и доступные пути реализации, я решил попытаться создать собственный вариант решения данной проблемы, который должен быть намного экономичней, безопасней и эффективней.

Формулирование темы, цели и задач проекта. Наш проект заключается в разработке и изготовлении прибора для нанесения имитационного синтетического травяного покрытия при монтаже и строительстве диорам.

Цель проекта: изготовление и испытание прибора, удовлетворяющего требованиям по созданию реалистичного ландшафтного покрытия для диорамы.

В ходе выполнения проекта решаются задачи:

- 1. Собрать и изучить информацию по теме проекта;
- 2. Освоить основные методы расчета и технологии работы с приборами;
- 3. Научиться работать на высокотехнологичном оборудовании;
- 4. Изготовить и испытать прибор.

Метапредметный характер: данный проект имеет исследовательскую компоненту, охватывающую широкую область физико-технических знаний. Его содержание способствует развитию интереса учащихся к приборостроению, приобретению технологических навыков для будущей профессии.

Степень новизны. В продаже имеются приборы аналогичного назначения, но наш прибор должен быть;

- 1. Экономичным;
- 2. Безопасным;
- 3. Простым и надежным в использовании;
- 4. Компактным;
- 5. Качественным.

Практическая значимость: полученный продукт намного упростит работу над диорамами, улучшит ее качество, даст возможность экономии времени и средств. Проектный продукт может быть использован в различных направлениях технического творчества. В процессе работы над проектом учащимися будут получены навыки поиска информации в различных источниках, анализа и обобщения, изготовления эскизов и чертежей.

Практический этап

Анализ прототипов

Проанализировав литературу и варианты устройства, предлагаемые в интернет-магазинах, я пришел к следующим выводам:

- 1. Предлагаемые варианты устройства не соответствуют нашим требованиям, из которых первое это безопасность, так как работать с прибором придется в основном детям.
- 2. Экономичность, приборы можно сказать кусаются в цене, один из вариантов, который не совсем соответствует требованиям, стоит 3500 рублей.
- 3. Качество изготовления покрытия также не создает реалистического вида травяного покрытия.

Проанализировав всё многообразие устройств, предлагаемых нашим рынком, мы решили попытаться своими силами создать прибор, соответствующий нашим требованиям и возможностям на базе нашего кружка.

Выбор материалов

Проектируемое изделие можно изготовить из различных материалов, но с соблюдением требований техники безопасности. Прежде всего с надежной электроизоляцией.

Выбор оборудования

Для изготовления прибора необходимы:

- 1. Паяльник
- 2. Дрель
- 3. Резак
- 4. Клеевой пистолет

Выбор технологии изготовления

Прибор в основном будет изготовлен при помощи ручной обработки материалов.

Техника безопасности

Перед началом работы руководитель проекта провёл инструктаж по технике безопасности.

Совместно с руководителем проекта мы составили технологическую карту, в которой отразили последовательность выполнения работы, а также оборудование, инструменты, необходимые на каждом этапе.

N <u>o</u> π/π	Последовательность выполнения работы	Графическое изображение	Материалы, оборудование, инструменты
	создания прибора для нанесения травят П — 1 мне потребовался некоторый набо		
1.	Первая и основная деталь — это генератор отрицательных ионов. Был приобретён в магазине «Чип и Дип». Вариант на 12 Вольт.	5	Генератор отрицательных ионов
2.	Второй компонент это — адаптер питания. Он на 2A и также на 12 Вольт тоже был приобретен в магазине «Чип и Дип».		Адаптер питания на 2A, 12 Вольт
3.	Кнопка включения и выключения, контактное гнездо, эл. крокодильчики, плоские разъёмы контактов, провода все это найдено в материальной базе нашего кружка в основном БУ.		Кнопка включения и выключения, контактное гнездо, эл. крокодильчики, плоские разъёмы контактов, провода
4.	Еще один важный компонент — это контейнер. Я решил сделать их из использованных пластмассовых банок и смотрятся хорошо и вместительны, легко будут заменятся ну и природу бережем от мусора.		3 пластмассовые банки с закручивающимися крышками
5.	Для корпуса приспособим сантехническую муфту и заглушки (взяли у дяди Гены).		Сантехническая муфта и 2 заглушки
6.	Три вида металлической сетки (мелкая, средняя, крупная) я тоже подобрал в запасниках кружка.		3 металлические сетки разным размерами ячеек
7.	Синтетическая трава у нас есть и покупная, и самодельная сделанная из малярных кистей.		

сборка корпуса и монтаж изделия

Схема сборки и монтажа изделия (рисунок)

Рис. 54

Рис.	ис. 54				
1.	Для начала необходимо было сделать отверстия под ручку и под сетку. Для этого намечаю фломастером места для установки и вырезаю отверстия.		Фломастер, макетный нож.		
2.	Отверстие зачистил с помощью наждачки. Аналогично проделал отверстие в корпусе банки, куда будет устанавливаться сетка.		Наждачная бумага, фломастер, макетный нож.		
3.	В заглушке проделал отверстие: одно под разъём питания, в трубе второе что бы было удобно (под палец) под кнопку выключателя. Кнопку зафиксировал резьбовой гайкой, разъем питания то же.		Макетный нож.		
4.	Во второй заглушке сверлом проделал всего одно отверстие.	J.	Дрель, сверло.		
5.	После этого заглушку приклеил внутрь к пластмассовой емкости. Приклеивал на обычный суперклей. Сначала с внутренней части потом снаружи для надежности.		Суперклей.		
6.	Разметил и отрезал все три варианта сетки. Разметив по крышке банки с отверстием при помощи маркера. Отрезал с помощью ножниц по металлу. Главное не забывать о технике безопасности и обязательно одевайте очки и перчатки. Потому что мелкие кусочки сетки разлетаются в разные стороны, можно на раз повредить глаза и руки.		Фломастер, ножницы по металлу.		

7.	Сетку съёмной емкости я зафиксировал с помощью клеевого пистолета. Это самый простой и быстрый способ.		Клеевой пистолет.
8.	Для надежности клеевым пистолетом прошелся по контейнеру и заглушке.		Клеевой пистолет.
9.	Соединил контейнер с крышкой, проделал еще одно отверстие. Для вывода провода с крокодильчиком.		Дрель, сверло.
10.	Теперь перешел к пайке и установке всех элементов внутрь корпуса. Для начала соединил провода с кнопкой питания.		Паяльник, флюс, припой.
11.	Провода обработал паяльным флюсом (кислотой), с помощью припоя и паяльника все это надежно зафиксировал. Чтобы ничего не коротнуло случайно, использую изоляцию, термоусадочные трубки. Запас кружка.		Паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
12.	Подготовил провода для сеток. Вдел в разъем один конец провода и зажал при помощи плоскогубцев.	1	Провода, соединительные контактные клеммы, плоскогубцы.
13.	Другой конец провода надежно зафиксировал в сетку. Помимо того, что провод проделал через сетку и скрутил его, для надежности также припаял. Все операции повторил еще с двумя.		Сетки, провода, паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
14.	Ушки на генераторе можно откусить можно оставить если они не будут мешать установке.		Генератор

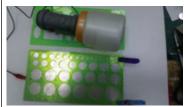
15.	Белый провод от генератора продел в отверстие заглушки и вывел в сторону сетки.		Генератор, заглушки.
16.	Установил кнопку на место зафиксировал на комплектную гайку. Соединил провода. Красный провод от генератора идет на кнопку. Провода между собой спаял и также использовал термоусадочную трубку для изоляции.	No.	Кнопка, провода, паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
17.	Второй провод от кнопки монтирую на плюсовую клемму.		Кнопка, провода, паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
18.	Белый провод с крокодильчиком остается снаружи, продел внутрь корпуса. Соединил с чёрным проводом генератора. Провода скрутил и для надежности спаял. Эти провода подключил на минусовую клемму.		Эл. крокодильчик, провода, паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
19.	После того как соединил все провода, аккуратно уложил их внутри корпуса и закрыл заглушкой. Доделал провод, который идёт к сетке. На него закрепил ответную часть плоского разъема. Просто продел провод в разъем и зажал плоскогубцами. Для надежности пропаял.		Провода, паяльник, флюс, припой, термоусадочные трубки.
20.	Соединил и установил сетку в банки. Банки съемные и при желании можно заменить на другую. Либо для удобства просто отсоединить, чтобы засыпать побольше имитационной травы.		Пластмассовые банки

21.	Для удобства создания травяного
	покрова, изготовил контактную
	пластину. Взял металлическую
	пластину и закрепил на ней
	пластмассовую контурную
	линейку. Но думаю, контактным
	слоем на диорамах будет клей
	ПВА, он на водной основе что даст
	хорошую электропроводимость.



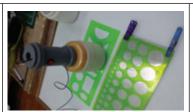
Металлическая пластина, контурные линейки, зажимы 4 шт.

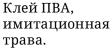
22. ПНТП — 1 готов. Подключаем питание и приступаем к испытанию.



испытания.

1. Пробуем сделать кустики для 35 масштаба. Приступил к нанесению травы. Для этого соединил контактный провод с помощью крокодила на пластину. Берем обычный клей ПВА, наносим его в контуры линейки. Засыпал имитационный материал внутрь ёмкости, закрыл крышку. И начал наносить. Мелкие травинки буквально сами летят вниз к плате на капли клея. И встают строго перпендикулярно земле. Меньше чем за минуту получил вот такой набор кустиков. Выглядят шикарно. Используя материал различных цветов и размеров, делаю разные комбинации кустиков, от самых маленьких до высоких. Попробовал засеять площадь. Взял кусок пластика, нанес туда равномерно клей ПВА и начал носить траву. Получился вот такой равномерный ковер. Травинки смотрят вверх. То есть это не просто кучка наваленного имитационного материала, а выглядит как











Самооценка проделанной работы

красивый и ухоженный газон.

В ходе работы по выбранной теме я узнал и изучил, а также применил на практике много интересного, касающегося физических явлений, а именно действия электростатического поля и принципах работы генератора отрицательных ионов. В процессе реализации проекта научился приемам работы с таким оборудованием, как паяльник, дрель. Познакомился с технологией компьютерного моделирования для создания эскизов. Считаю, что исследовательские и технологические навыки, которые я приобрел, являются важными для жизни в современном обществе и пригодятся мне в дальнейших работах.

Результаты проекта

Результатом данного проекта является создание, проектирование и изготовление прибора для нанесения синтетического покрова на элементы диорамы в модельном творчестве.

Заключение

Считаю, что в ходе реализации данного проекта были выполнены его основные задачи. Созданный прибор полностью соответствует заданным требованиям- безопасный, экономичный, компактный, эффективный.

В ходе работы над проектом были достигнуты следующие результаты:

- 1. Изучены некоторые физические явления и работа приборов;
- 2. Проанализированы источники по теме проекта;
- 3. Освоены технологии создания изделия;
- 4. Получил развитие навыки конструирования, работы на технологическом оборудовании;
- 5. Изготовлен прибор.

Приложение 5

Макет дидактического мобильного робота

Автор: Пантелеймонов Борис, 11 класс

Руководитель: Яременко А.М., педагог дополнительного образования,

ГБНОУ Санкт-Петербургский городской центр детского технического творчества, 2022 г.

Победитель регионального конкурса проектов технического моделирования и конструирования «От идеи до воплощения», 2022 год

Введение

Данный проект посвящен разработке мобильной робототехнической платформы. Мобильный робот — Приводной механизм, программируемый по двум и более осям, имеющий некоторую степень автономности, движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий задачи по предназначению. Особую популярность в мобильной робототехнике приобрели платформы, с помощью которых выполняются различные технические задачи. Основными задачами данной дидактической модели являются: изучение конструирования посредством постройки данного робота, приобретение опыта участия в различных конкурсах. Данная модель позволяет на наглядном примере проверить результаты расчета различных характеристик, увидеть результаты их изменений. Проектный продукт представляет из себя устройство, состоящее из нескольких систем: управляющей, исполнительной, сенсорной и системы связи. Система связи предназначена для обмена информацией между роботом и человеком, а также между устройствами, входящими в состав робота. Управляющая система — это "мозг" робота. Она служит для выработки закона управления приводами механизмов исполнительной системы на основе сигналов обратной связи от сенсорной системы, а также для организации общения робота с человеком на том или ином языке. Исполнительная система, определяющая "моторику" робота, т.е. его способность совершать разнообразные движения, служит для отработки управляющих сигналов, формируемых исполнительной системой, и воздействия на окружающую среду. Сенсорная система — это искусственные органы чувств робота. Как и человеческие, они предназначены для восприятия и преобразования информации о состоянии внешней среды и самого робота. Каждая из систем является важной, невозможно убрать какую-либо из них, т.к. робот будет иметь ограниченный функционал.

1. Постановка задачи

Разработать мобильную робототехническую платформу исходя из следующих требований:

Габариты (ВхДхШ) – 240×300×235 мм в исходном положении.

- 1. Максимальная масса 7.5 кг
- 2. Робот должен быть автономным, с источником питания на борту.
- 3. Управление роботом осуществляется по беспроводной связи. Максимальная дальность связи должна составлять 10 м.

- 4. Базовое препятствие, обязательное к преодолению: переезд порога, высота порога 43 мм. Кроме того, робот должен уметь преодолевать одно из перечисленных препятствий: подъем и спуск с горы (угол 30°), проезд по пересеченной местности, проезд по подвижной поверхности.
- 5. Обязательно наличие и использование функциональных датчиков (элемент автономности).
- 6. Обязательно наличие манипулятора. Количество степеней свободы, вес, габариты и т.д. определяются разработчиком.

2. Выбор шасси

Иногда при создании робота очень трудно выбрать между колесной и гусеничной базами, поскольку каждая система обладает своими особенностями и характеристиками, а также имеет свои сильные и слабые стороны. Выбор оптимальной системы зависит от нескольких факторов, в том числе тяги, давления на грунт, подвески и рулевого управления. В случае использования гусениц обеспечивается лучшее сцепление, но для достижения наилучших результатов нужно учитывать рельеф местности. Чтобы обеспечить меньшее давление на грунт, следует выбирать гусеницы, они больше подходят для мягких поверхностей, в отличии от колес. Для мягких поверхностей можно также использовать большие шины, но это накладывает свои ограничения и не может сработать в любых условиях — например, на снегу.

Строительство подвески для гусеничного робота является более сложной задачей по сравнению с колесным. Система подвески играет важную роль, связанную с тягой, обеспечивая лучшее сцепление с поверхностью. Вопрос выбора между колесными и гусеничными роботами уже является предметом обсуждения в течение длительного периода времени.

2.1. Преимущества и недостатки использования колёс

Колесо в робототехнике является одним из основных компонентов, который облегчает движение за счет уменьшения трения. Наиболее распространены роботы с 3-мя колесами и 2 моторами. Это наиболее общая структура для робота, предназначенного для простой конструкции, обеспечивающая мобильность, простоту управления, вращение на месте или возможность развернуться в ограниченном пространстве. Анализ преимуществ и недостатков колесной базы представлен в таблице 1.

Таблица 1. Преимущества и недостатки колесной базы

No	Преимущества	Недостатки
1	Низкие производственные затраты по сравнению с гусеницами.	Плохая проходимость на затруднённых участках дороги.
2	Скорость выше, по сравнению с гусеницами, колесам нужен меньший крутящий момент для движения.	Сильные колебания и толчки, возникающие в процессе движения.

3	Колеса обеспечивают более высокую маневренность, чем гусеницы.	Невозможен поворот нулевого радиуса.
4	Вес гусениц гораздо больше колес, и это главная причина, почему колеса используются особенно в тех случаях, когда масса робота является критически важной характеристикой, например, в космических исследовательских миссиях.	Маленькая площадь соприкосновения, в отличии от гусениц.
5	Простота— колесо имеет меньше движущихся частей, которые могут быть повреждены.	Колесные машины, менее устойчивы нежели гусеничные.

Учитывая все преимущества и недостатки, использование колес является более выгодным решением для мобильной платформы, так как колеса просты в эксплуатации, манёвренны и быстры.

2.2. Преимущества и недостатки использования гусениц

Гусеницы используются в тех случаях, когда не могут быть использованы колеса. Эти случаи охватывают движение по неровной местности или случаи, когда необходима высокая тяга. Робот перемещается за счет сил трения, возникающих между опорной поверхностью и гусеничным движителем. Проскальзывание между ведущими катками и гусеницей отсутствует, поэтому угловые скорости вращения ведущих и ведомых катков равны. В зависимости от алгоритма перемещения и информации с датчиков система автоматического регулирования формирует управляющие напряжения для электроприводов устройства. Для усиления слаботочных сигналов с контроллера системы управления используются силовые транзисторные ключи — драйверы двигателей. Для поворота в горизонтальной плоскости система управления формирует различное напряжение питания для каждого из гусеничных движителей. Система навигации робота может включать как ультразвуковые датчики расстояния, оптические линейки для перемещения по контрастной линии, так и контактные датчики препятствий. В таблице 2 представлен анализ преимуществ и недостатков гусеничной базы.

Таблица 2. Преимущества и недостатки гусеничной базы

No	Преимущества	Недостатки
1	Энергоэффективность — по сравнению с колесами, гусеницы имеют более высокую производительность и оптимизированную систему тягового усилия.	Низкая скорость — за счет трения и сложной механической системы, у гусеничных роботов более низкая скорость по сравнению с колесными.

2	Высокий уровень тяги даже на скользких поверхностях, таких как снег или влажный бетон; возможность движения по пересеченной местности — с помощью гусениц, робот может производить операции на пересеченной местности, в то время как колеса могут застревать.	Маневренность — роботы на гусеницах могут выполнять менее точные маневры и требуют большей мощности при повороте.
3	Меньшее воздействие на грунт. Робот, который движется на резиновых гусеницах, оказывает меньшее давление на поверхность, чем колёсный, что является преимуществом, в случае использования тяжелого робота.	Частые поломки. Гусеницы легко ломаются или смещаются.
4	Возможность увеличения веса робота. Вес робота распределяется по всей поверхности гусениц. Это одна из причин того, что робот с резиновыми гусеницами справляется с большей нагрузкой.	Гусеницы трудно восстановить. Гусеницы трудно отремонтировать или заменить, в отличии от колес.
5	Высокая маневренность, высокая проходимость.	Если сила трения будет слишком большой, гусеницы могут быть даже сорваны с катков, что часто происходит с дешевыми шасси

2.3. Выбор схемы платформы

Все многообразие платформ, как правило, подразделяют по одному признаку — тип привода. Тип привода определяет большинство параметров движения робота, но у каждого типа есть свои преимущества и недостатки. В таблице 3 рассмотрено 4 типа схем платформ:

Таблица 3. Описание схем платформ

No	Описание	Схема	Достоинства	Недостатки
1	Дифференциальная схема с 3 колесами		Высокая маневренность вплоть до разворота на месте. Простота конструкции, дешевизна, простота управления, компактность.	Увод в сторону при прямолинейном движении, требует подруливания, низкая проходимость.

2	Реечная схема с 3 колесами	Дешевизна конструкции. Простота управления. Не требует подруливания при прямолинейном движения.	Низкая маневренность, большой радиус поворота. Трудность расчета необходимого угла поворота.
3	Всенаправленные колеса	Высокая маневренность, возможность перемещения в любую сторону	Дороговизна, трудность управления, трудность расчета пройденного пути, низкая проходимость.
4	Гусеницы	Высокая маневренность, высокая проходимость	Большие энергозатраты на движение, необходимы более мощные моторы. Более сложная конструкция шасси.

2.4. Анализ аналогов

В таблице 4 представлена краткая характеристика.

Таблица 4. Аналоги

No	Название	Фото	Описание
1	Гусеничная машина Keywish Panther Tank		Главная особенность этого робота – это гусеничное шасси внушительных размеров. Мощные моторы в связке с гусеницами дают возможность проехать там, где колёсные роботы застревают. Этот набор подойдёт путешественникам и будущим покорителям Марса.
2	Танк Xiao-r TH Robot Car		Этот набор укомплектован по полной. Платформа на гусеницах, Arduino Mega и Wi-Fi модуль, HD камера на поворотном креплении, манипулятор, ультразвуковой дальномер и датчики линии. Робот точно пригодится в спецоперациях по обнаружению и уничтожению конфет в доме.
3	Балансирующий Робот На Двух Колесах Yahboom Arduino Balance Robot		Есть чувство баланса? Ну, тогда этот робот точно для вас. Когда робот научится балансировать, его можно переквалифицировать в роботаофицианта, который будет доставлять напитки на платформе сверху. В состав набора входят моторы с энкодерами, акселерометр и гироскоп и Bluetooth модуль для управления.
4	Манипулятор На Шасси Mearm		Если совместить мобильного робота и манипулятор, получится, как ни странно, мобильный манипулятор. Набор объединяет в себе знания, которые можно получить, собрав ZYMiniArm и Arduino Robot Car. Управлять роботом можно с джойстика, а можно запрограммировать на автономное перемещение.
5	Автомобиль, Проезжающий Не Только Лабиринты Arduino Robot Car Wi-Fi		Хотите чего-то более продвинутого, чем просто мобильный робот? В этот набор, помимо мобильной платформы с датчиками, входит камера на вращающейся башне и Wi-Fi модуль, при помощи которого можно транслировать видео на телефон и управлять роботом в одно и то же время.
6	Машинка, управляемая через Bluetooth Yahboom Arduino Robot Car		Особенностью этого конструктора являются макетные схемы. Они позволяют собирать электронные схемы без флюса и припоя. В процессе изучения набора вы узнаете кто такие Ом, Ампер, и что за напряжение возникло в их отношениях, как решить проблему нехватки пинов Arduino, подключите ЖК дисплей и поймёте как свет влияет на сопротивление фоторезистора.

2.5 Структурная схема

Структурная схема является неотъемлемой частью в разработке робота. Именно концепция системы позволяет понять устройство и закономерность процессов в роботе.

Модель состоит из 4 основных подмодулей: система управления, система питания, датчики и периферия, а также исполнительная система.

Система управления — это микроконтроллеры (3 шт.), платы пульта управления (3), драйвер двигателя. Система — питания — это батареи «Крона» (3) и аккумулятор на 12В. Датчики и периферия — это джойстик, радиомодуль (передатчик), кнопка автоматического режима, датчик линии Л, датчик линии П, радиомодуль (приемник). Исполнительная система — это серводвигатели (3), захват, рука, двигатель Л, двигатель П, движитель Л, движитель П и гусеница Л и П.

На рисунке 1 представлена структурная концепция системы.

3. Моделирование роботов и транспортных средств

Для построения моделирующих программных комплексов, а также для расчета регуляторов для приводов мобильных роботов (MP), а также прочих колесных и гусеничных транспортных средств (TC), требуются их динамических модели. В разрабатываемом ТС используются приводы на основе двигателей постоянного тока (ДПТ).

Большинство существующих математических моделей, описывающих динамику MP и TC, предполагают наличие таких исходных данных, как масса, момент инерции, силы трения и т.п. Однако на практике эти исходные данные получить весьма сложно. В ряде случаев, даже фактическая масса TC может оказаться неизвестной, не говоря уже о его моменте инерции.

Поэтому для построения динамических моделей MP и TC предлагается использовать методы, более приближенные к реальности. Эти методы предполагают с уже существующего TC снять ряд переходных характеристик, на основе которых оценить все параметры его динамической модели.

3.1. Модель движения транспортного средства в пространстве

Прежде, чем говорить о динамической модели, следует составить кинематическую модель МР или ТС. Для простоты повествования рассмотрим гусеничное шасси, имея в виду, что для колесного шасси все расчеты останутся справедливы. Расчетная схема показана на рисунке 2.

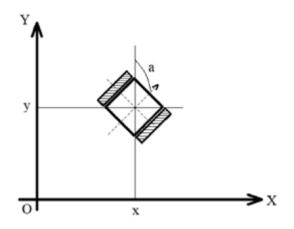


Рисунок 2. Схема моделирования ТС в пространстве

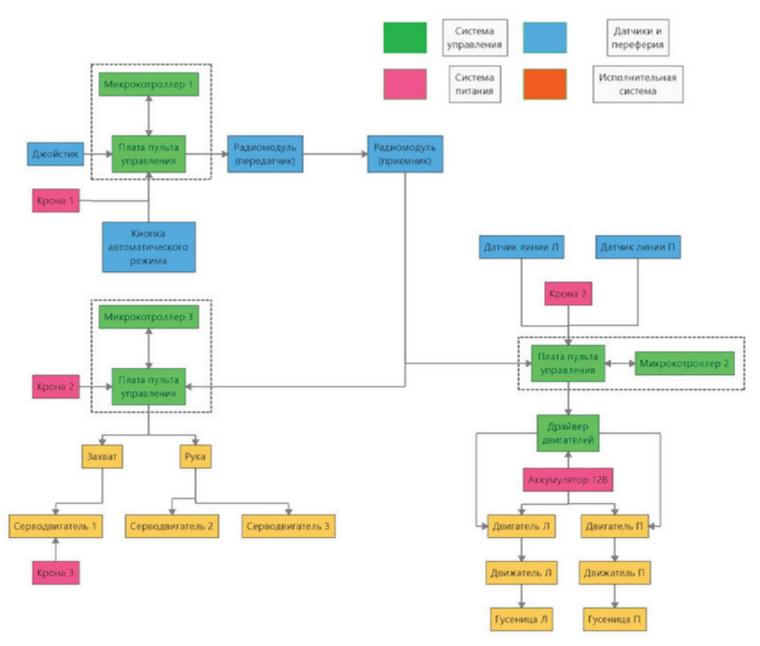


Рисунок 1. Структурная концепция системы управления

Обозначим мгновенную линейную скорость левой гусеницы через vлев, а правой vпр. Эффективное расстояние между гусеницами W. Для простоты, эффективным расстоянием будет считаться расстояние между центрами гусениц. Пусть ТС находится на плоскости в координатах X, Y. Мгновенное значение азимутального угла направления движения обозначим через а. Положительное направление поворота по азимуту будем считать поворот от оси ОУ к оси ОХ. Направлению а=0 будет соответствовать направление вдоль мировой оси ОУ.

Тогда, мгновенная линейная скорость ТС ($^{V_{\text{лин}}}$) будет:

$$\nu_{\text{лин}} = \frac{\nu_{\text{лев}} + \nu_{\text{пр}}}{2} (1)$$

а мгновенная вращательная скорость ТС (ω):

$$\omega = \frac{v_{\text{neg}} - v_{\text{mp}}}{W} (2)$$

Для примера возьмем Рис. 63, тогда мгновенная линейная скорость ТС:

$$v_{\text{лин}} = \frac{v_{\text{лев}} + v_{\text{пр}}}{2} = \frac{0.35 + 0.42}{2} = 0.385 \text{ m/c}(3)$$

вращательная:

$$\omega = \frac{\nu_{\text{лев}} - \nu_{\text{пр}}}{W} = \frac{0.35 - 0.42}{27.5 * 10^{-2}} = -0.2545 \text{ m/c}$$

Если предположить, что робот ограничивается перемещением на плоскости, его местоположение может быть определено с помощью трех параметров:

- $m{x}$ и y определяют местоположение предопределенной точки «центра робота» в мировой системе координат.
- x^W и x^R , примем 30°).

Две системы координат совпадают в момент, когда центр робота находится в начале координат и x = y = a = 0. Тогда можно составить систему уравнений, определяющих положение TC в пространстве:

$$\begin{cases} \omega = \frac{\nu_{\text{лев}} - \nu_{\text{пр}}}{W} = \frac{0.35 - 0.42}{27.5 * 10^{-2}} = -0.2545 \text{ m/c} \\ \nu_{\text{лин}} * \sin \alpha = \frac{\nu_{\text{лев}} + \nu_{\text{пр}}}{2} \sin \alpha = \frac{0.35 + 0.42}{2} * \sin 30 = 0.1925 \\ \nu_{\text{лин}} * \cos \alpha = \frac{\nu_{\text{лев}} + \nu_{\text{пр}}}{2} \cos \alpha = \frac{0.35 + 0.42}{2} * \cos 30 = 0.333 \end{cases}$$

Получая перемещения робота в некоторые моменты времени, мы можем найти весь путь, пройденный роботом, просуммировав эти значения, или перейдя к пределу (при стремлении количества измерений $\to \infty$) — путем их интегрирования.

3.2. Режим поворота или взаимное влияние приводов ТС

Отметим два основных режима движения ТС: линейное движение, поворот на месте. При линейном движении скорости гусениц (приводных колес) ТС совпадают, как по направлению, так и по модулю, а при повороте на месте они по модулю равны, но имеют разные направления (знаки).

Особое внимание следует отвести режиму поворота ТС. Здесь действует дополнительная сила трения, возникающая из-за того, что колесам или гусеницам приходится совершать при повороте поступательные движения в направлении, перпендикулярном оси движения ТС (Рис. 2). На рисунке видно, что, например, при повороте на месте, колесо ТС движется по дуге с центром в центре масс ТС (обозначенная как точка С). При таком движении полная скорость колеса уполн состоит как из линейной скорости упр, возникающей в результате качения колеса, так и поступательной скорости упоступ, направленной перпендикулярно курсовой оси ТС. При таком поступательном перемещении возникает сила трения скольжения, в несколько раз превышающая силу трения качения колеса. При линейном движении ТС данной силы трения не возникает.

Заметим, что чем шире колесная база (W) по отношению к расстоянию между колесными осями (H), тем меньше сила трения поступательного движения колеса, и наоборот. Отметим, что как только эффективное значение силы трения скольжения колеса в поперечном направлении сравняется с силой сцепления колеса с грунтом в продольном направлении, колесо начнет проскальзывать, и поворот ТС не получится вовсе. Расчетная схема подобного случая рассматривается на рисунке 3.

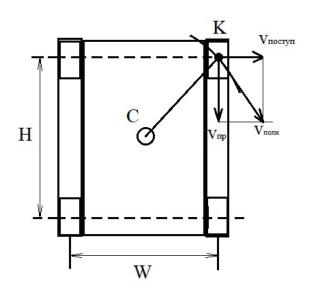


Рисунок 3. Расчетная схема

Поэтому все колесные и гусеничные машины должны быть широкими и не длинными.

Независимо от конструкции, возникновение дополнительной силы трения при повороте ТС (т.е. когда скорости левого и правого двигателя различны) неизбежно. Эффект возникновения данной силы трения автор данной работы называет «взаимным влиянием приводов».

4. Определение параметров исполнительной системы

4.1. Расчет двигателей

Для расчета момента силы движения и механической мощности нужно решить задачу, исходные данные которой приведены в таблице 4 и на рисунке 3.

Таблица 5 исходные данные

Характеристика	Значение
Масса платформы т, кг	7.5
Желаемая скорость достижения V, м/с	0.5
Количество двигателей n, шт	4
Диаметр приводного колеса d, м	0.011
Коэффициент трения скольжения по дереву μ	0.5
Угол наклонной плоскости α,°	30

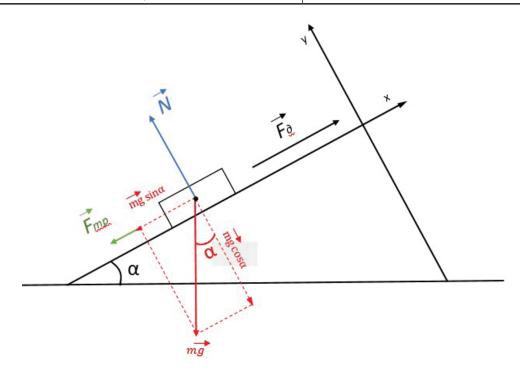


Рисунок 4 Расчетная схема платформы

В векторном виде:

$$mg + N + F_{\text{TP}} + \overrightarrow{F}_{\text{A}} = m\vec{a}$$
 (7)

Учитывая длину окружности приводного колеса и ускорение платформы:

$$l = \pi * d (8)$$

$$a = \frac{Vx^2 - Vo^2}{2!}$$
 (9)

Определим уравнение (7) в проекции на ось Ox:

$$\frac{ma}{n} = F_{\text{д}} - \frac{mgsin\alpha}{n} - F_{\text{тр}}$$
 (10)

Из уравнения (10) выразим Fд:

$$F_{\rm A}=rac{m*(Vx^2-Vo^2)}{2nl}+rac{mgsinlpha}{n}+\mu mg$$
 (11)

Момент, развиваемый на колесе, определяется как:

$$M$$
д = F д * r (12)

Подставляя уравнение (12) в уравнение (11) и преобразуя, получаем формулу для вычисления момента двигателя

$$M_{\rm A} = \left(\frac{m*(Vx^2-Vo^2)}{2nl} + \frac{mgsin\alpha}{n} + \mu mg\right) * r$$
 (13)

Подставляем значения в уравнение (13) и получаем момент силы движения

$$M_{\text{A}} = \left(\frac{7.5 * (0.5x^2 - 00^2)}{2 * 4 * 0.03454} + \frac{7.5 * 9.8 * \frac{1}{2}}{4} + 0.5 * 7.5 * 9.8\right) * 0.03 = 1.6H * \text{M}$$

Угловая скорость определяется так:

$$\omega = \frac{v}{r}$$
 (14)

Механическая мощность находиться по формуле:

$$P_M = \mathrm{M} \mathrm{\pi} * \omega$$
 (15)

Подставляем значение в уравнение (15)

$$P_M = 1.6 * 16.7 = 26.72 \text{ Bt}$$

Электрическая мощность определяется так:

$$P = P_M * 0.95(16)$$

Подставим значение в уравнение (16)

$$P = 26.72 * 0.95 = 25.4 \text{ Bt}$$

Решим данную задачу мы смогли найти момент силы движения $M_{\rm d}=1.6H*{
m M}$ и электрическую мощность $P=25.4~{
m BT}$ мобильной платформы.

4.2. Исследование влияния силы трения на момент двигателя

В ходе работы было проведено теоретическое исследование влияние силы трения на момент двигателя. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6. Влияние силы трения на момент двигателя

No	Название материала	Коэффиент трения tg	Сила трения, Н	Момент двигателя, Н*м	Мощность механическая, ВТ
1	Чистая твердая порода	0.7	7	2.02	33.7
2	Чистый гравий, гравийно-песчаные смеси, крупный песок	0.55	5.5	1.69	28.22
3	Чистый мелкий и средний песок	0.45	4.5	1.47	24.54
4	Чистый гравий, гравийно- песчаные смеси	0.4	4	1.36	22.71
5	илистая гравийно- песчаная смесь, твердый щебень одного размера	0.3	3	1.14	19.04

6	Мелкий песчаный ил, непластичный ил	0.20	2	0.9	15.03
7	Железо на железо на сцепке шпунтов	0.3	3	1.14	19.04
8	Кладка по дереву	0,5	5	1.58	26.4
9	Околотая мягкая порода на околотой мягкой породе	0,7	7	2,02	33.73
10	Околотая твердая порода на околотой твердой породе	0.55	5.5	1.69	28.22

В ходе исследования было установлено, что наиболее легкой для прохождения поверхностью оказался мелкий песчаный ил (непластичный ил). Рассчитанный момент на этой поверхности будет принят как минимально допустимый момент.

5. Технические характеристики готовой модели

В ходе выполнения проекта была разработана мобильная робототехническая платформа на гусеничном ходу с характеристиками, представленными в таблице 7:

Таблица 7. Характеристики платформы

Параметр	Значение
ДхШхВ, мм	500x376x190
Схема	Колесная
Масса платформы, кг	7.5
Скорость, м/с	0,5
Диаметр приводного колеса, мм	110

На рисунке 5 изображены корпусные части модели. Модель платформы, представлена на рисунках 6 и 7.



Рисунок 5 — Корпусные части модели

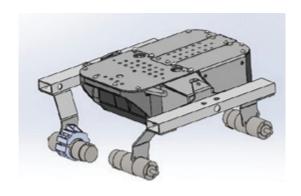


Рисунок 6 — Вид с правого бока

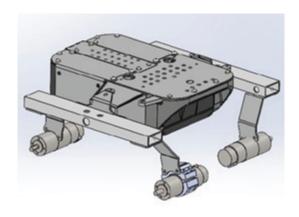


Рисунок 7 — Вид с левого бока

Заключение

В ходе проекта была разработана роботизированная, мобильная платформа на колесном ходу, проведены необходимые расчеты характеристик, составлены и проанализированы структурные схемы. Макет обладает повышенной маневренностью. Данный проект разрабатывался преимущественно с целью обучения учащихся центра детского технического творчества. Оформлена документация по ЕСКД, которая включает сборочные чертежи, чертежи стандартных изделий, чертежи прочих изделий, спецификацию, структурную схему, электрические принципиальные схемы, перечни элементов. Дано обоснование выбора колесной платформы по таким критериям как геометрические параметры, влияющие на проходимость и схемы платформы.

Список литературы

- 1. Движение робота к точке с заданными координатами [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/post/277829/
- 2. Моделирование роботов и транспортных средств [Электронный ресурс]. URL: http://www.dynsoft.ru/mrmodeling.php
- 3. Проходимость автомобиля [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Проходимость автомобилей
- 4. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей [Текст]. СПб.: Наука, 2013. 319 с.

