

А.О. Белоусов, О.Р. Шефер

**Сборник
конвергентных заданий
по физике**

Учебное пособие

Челябинск

2025

УДК 53(075)
ББК 22.3я72
Б 23

Рецензенты:

Басарыгина Е.М., доктор технических наук, заведующий кафедрой «Математических и естественнонаучных дисциплин» ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

Лебедева Т.Н., кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики и информатики ФГБОУ ВО ЮУрГГПУ

Белоусов, А. О. Сборник конвергентных заданий по физике / А. О. Белоусов, О.Р. Шефер. – Челябинск : Абрис, 2025. – 118 с. – Текст: непосредственный.– 500 экз. – ISBN 978-5-91744-180-1. – Текст : непосредственный + изображение (неподвижное).

ISBN 978-5-91744-180-1.

Учебное пособие «Сборник конвергентных заданий по физике» адресовано учителям и обучающимся, предназначается для организации совместной деятельности по выполнению конвергентных заданий. В пособии особое внимание уделяется описанию организации совместной деятельности с разными видами конвергентных заданий.

ISBN 978-5-91744-180-1.

Содержание

Введение	4
§1. Конвергенция физического образования.....	5
§2. Понятие «конвергентное задание».....	15
§3. Организация работы учащихся по выполнению конвергентных заданий	30
§4.Особенность работы над конвергентным заданием по физике «Процесс работы ядерного реактора на атомной станции»	35
§5. Примеры конвергентных заданий	39
Литература	112

Введение

Конвергентная среда в формате Лицейского коворкинга, созданная на базе МАОУ «Лицей №142 г. Челябинск», предоставляет возможность учащимся окунуться в увлекательный мир совместной деятельности ученик ↔ ученик, ученик ↔ участники ВТК, участники ВТК ↔ учитель по изучению физики, информатики, биологии, математики, черчения, истории и других школьных предметов необходимых для выполнения конвергентных заданий.

В пособии описана организация работы учащихся по выполнению конвергентных заданий – заданий, которые включают учащихся в деятельность на основе синтеза знаний-описаний и знаний-предписаний из физики, черчения, технологии и информационных технологий по получению «конвергентного продукта» на примере задания «Процесс работы ядерного реактора на атомной станции», а так же приведены 9 конвергентных заданий, выполненных на базе Лицейского коворкинга МАОУ «Лицей №142 г. Челябинск».

§1. Конвергенция физического образования

Конец XX и начало XXI века ознаменовались осознанием новой, всеобщей формы социокультурной интеграции – конвергенции, которая в процессе развития науки и совершенствования технологий приобрела настолько всеобъемлющий характер и широкое распространение, что сегодня ее можно назвать уже не просто социальным, а социокультурным феноменом. Причем выполнение любых конвергентных проектов сопряжено с организацией совместной деятельности, когда решение принимается коллегиально.

Конвергенция (от английского *convergence* – схождение в одной точке) означает взаимопроникновение наук и технологий, когда происходит стирание междисциплинарных границ между научным и технологическим знанием, а многие интересные результаты возникают именно в рамках междисциплинарной работы на стыке различных научных областей [17]. Преодоление этих границ открывает возможности для получения новых знаний, необходимых при создании конвергентных «продуктов». Конвергенция открывает перспективы получения новых знаний и идей для новых открытий, которые могут повлиять на все сферы человеческой деятельности, в том числе и образовании.

Сближение социальных, когнитивных и информационных технологий позволяет говорить о новой конвергентной модели образовательного процесса. При этом, по мнению В. И. Кудашова, когнитивные и социальные технологии представляют собой систему методов и алгоритмов, моделирующих и усиливающих познавательные способности обучаемых при решении практических задач [18], лежащих в основе, как показывают наши исследования, мотивации совместной деятельности [4; 5; 22].

В педагогике также назрела технологическая конвергенция, сближение теорий традиционного и инновационного обучения и воспитания (рис. 1).

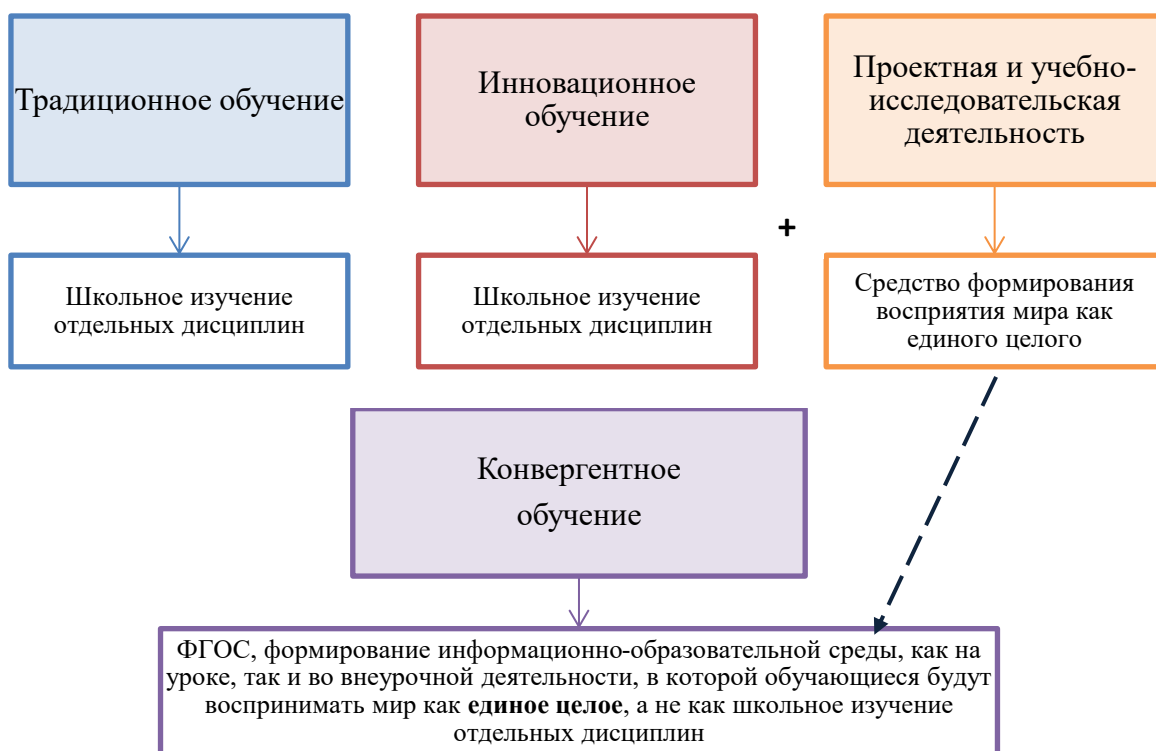


Рисунок 1 – Типы обучения

Главная цель конвергенции в педагогике – формирование у обучающихся целостных представлений о протекающих в материальном мире процессах. Реализовать конвергентный подход в школе возможно, создав условия взаимопроникновения и взаимодополнения разных предметов, информационных технологий и учебных действий, выполняемых обучающимися, в том числе, в процессе совместной деятельности. Именно на этот факт в своем исследовании обратила внимание Р. М. Исмагилова [16], понимая под конвергенцией образования образовательную технологию, основанную на взаимном проникновении дисциплин при их изучении.

В работе В. П. Свечкарева [34] конвергентное образование рассматривается с позиций когнитивных технологий, что приводит к трансформации научного мировоззрения, направленного на переориентацию научной деятельности с познавательной на проективно-конструктивную.

Конвергенция образования развивает межпредметный и метапредметный подход, способствует интеграции и координации в изучении школьных

предметов. Межпредметность (или междисциплинарность) – объединение различных предметных областей знания на базе единого мировоззренческого или методологического принципа. Иначе говоря, междисциплинарный подход включает в себя размытие границ между традиционными учебными предметами в рамках более общих тем или направлений, а не учебных дисциплин. К примеру, обучение физики может объединяться с обучением математики, географии, истории и информатики, черчения, разные предметы могут объединяться при освоении обучающимися таких тем, как «Простые механизмы», «Звук» и т.д.

Понятие междисциплинарного обучения известно еще с античных времен, оно затрагивалось известными философами и педагогами и в более позднее время. Актуально и современно звучат слова величайшего педагога и мыслителя XVII века Я. А. Коменского по реорганизации образования, который в книге «Великая дидактика» подчеркивал, что «все находится во взаимной связи, должно преподаваться в такой же связи». Я. А. Коменский определил, что обучение – это приобретение знаний и умений решать разные задачи. И соответственно, такое обучение требует междисциплинарного подхода, призванного создать целостную картину мира, в которой человек – это совершенное творение природы и имеет право на развитие всех своих способностей и возможностей.

С идеологической точки зрения первопроходцем идей междисциплинарного подхода следует, конечно, признать В. И. Вернадского. «Серьезный следующий шаг в отечественном образовании был связан с широким внедрением математических методов моделирования различных по своей природе процессов и предложен советским математиком Н. Н. Моисеевым. Он полагал, что единство принципов организации природы дает возможность единого математического описания и предсказания поведения самых различных природ» [30, с. 304].

В основе междисциплинарного синтеза лежит координация учебных предметов (обеспечение согласованности во времени и пространстве). Координация учебных предметов, по мнению Б. Д. Эльконина, имеет несколько уровней, на которых решаются разные педагогические задачи и возникают разные эффекты [42], в том числе конвергентные.

Основания координации предметов:

1. Тематическая координация (общность тем в разных предметах). Психолого-педагогические эффекты и последствия такого типа работы связаны с преодолением детских представлений о дисциплинарной отдельности, а также преодолением дисциплинарной организации учебной жизни. В логике формирования понятия – это самый слабый тип межпредметных связей.

2. Задачная координация. Речь идет об одной практической задаче (ситуации), которая по-разному решается при использовании сведений и приемов из разных учебных предметов. Эти разные решения возможны в той мере, в какой сама предметная ситуация задачи или обстоятельства предметного действия «поворачиваются» разными сторонами: как состав веществ, как приложение сил, как величины и их связи и т.п.

3. Типо-деятельностная координация. Этот вид межпредметных связей типичен для многих европейских и американских систем обучения. В обучении подчеркивается и выделяется, например, эксперимент как особая система действий (наблюдения, обработка информации и пр.). В отношении выделенного типа деятельности объединяются и различаются разные предметные области. Нам представляется, что для развивающего обучения подобный способ координации является излишне формальным.

4. Объектно-позиционная координация. Один объект произвольно рассматривается с разных «сторон»: химически, физически, биологически и т.п. При этом анализируются не только разные свойства, выступающие при разном рассмотрении (см. выше п. 2), но и сами способы рассмотрения.

5. Средственно-техническая координация. Очень важная дидактическая форма, в которой некое знаковое средство, появившееся в одном предмете (в качестве средства), специально переносится на другие предметы. Лишь подобным способом некий инструмент может получить действительный, а не фиктивный статус средства. И лишь подобным образом может быть опробована степень его универсальности.

6. Понятийно-модельная форма координации. Строится как перенос модели, выстроенной в одном предмете в качестве объекта изучения в другой предмет, где она приобретает статус средства изучения и понимания. Подлинно теоретическое понятие – это и есть некая форма, которая рассматривает функции объекта (сущность реальности) и средства (инструмент реальности). Лишь на подобных переходах возможно изучение границ и условий построения модели. В указанных переходах сама модель становится предметом опробования – пробным телом изучения реальности [11].

Метапредметность – выявление общих методологических правил, в соответствии с которыми формируется, передается и используется любое культурно-значимое содержание, благодаря чему возможно объяснить мир системно, непредметно (например, в рамках системы универсальных учебных действий и т.п.). В этом смысле метапредметный уровень также становится необходимой ступенью в проявлении собственно конвергентного характера образовательной деятельности.

Метапредметный подход подразумевает «промысливание (а не запоминание) важнейших понятий учебного предмета, наличие образовательной деятельности, формирование и развитие у обучающихся предметных базовых способностей, использование способа переоткрывания знания на разном учебном материале (т.е. повторение научного открытия в учебном процессе), наличие рефлексивной деятельности» [29, с. 8].

Метапредметный подход предполагает, что обучающийся не только овладевает системой знаний, но осваивает универсальные способы действий

и с их помощью сможет сам добывать информацию о мире на основе интеграции (от лат. *integratio* – «восстановление», «восполнение», «соединение») – процесс объединения частей в целое.

Интеграция в современной школе идет «... по нескольким направлениям и на разных уровнях. Это – внутрипредметный и межпредметный уровни.

Внутрипредметная интеграция включает фрагментарную интеграцию, которая включает отдельный фрагмент учебного занятия, требующий знаний из других предметов; узловую интеграцию, когда на протяжении всего урока учитель опирается на знание из других предметов, что составляет необходимое условие усвоения нового материала.

Следующий уровень – межпредметная или синтезированная интеграция, которая объединяет знания разных наук для раскрытия того или иного вопроса. Интеграция в обучении осуществляется путем «слияния в одном синтезированном курсе (теме, разделе программы) элементов разных учебных предметов, слиянии научных понятий и методов различных дисциплин в общенаучные понятия и методы познания, комплексирования и суммирования основ наук в раскрытии межпредметных учебных проблем» [15, с. 173].

На перекрестке этих подходов могут быть и разные результаты:

1. Создание абсолютно новых предметов (курсов).
2. Создание новых спецкурсов, обновляющих содержание внутри одного или нескольких смежных предметов.
3. Создание циклов (блоков) уроков, объединяющих материал одного или ряда предметов с сохранением их независимого существования.
4. Создание разовых интегрированных уроков разного уровня и характера как совершенства подготовки учителя в новом направлении.

Среди многих требований, предъявляемых к современному учебному процессу, существует необходимость повышать эффективность учебной деятельности школьников. Важно продумать такие способы ее организации, которые обеспечивали бы высокую познавательную активность учащихся, в

том числе и совместной деятельности. Репродуктивная деятельность учащихся направлена на заучивание и воспроизведение знаний и умений. В основе творческой познавательной деятельности лежит процесс преобразования усвоенных знаний, оперирование умениями в новой ситуации, поиск ответа на поставленную проблему, в том числе конвергентного характера. Самый высокий уровень творчества учащихся достигается тогда, когда они самостоятельно ставят проблему и находят пути ее решения в совместной деятельности.

Задача учителя – научить учащихся учебной деятельности вначале по образцу, а затем применению умений в новой ситуации. При этом следует добиваться постепенного возрастания уровня творчества, перехода от репродуктивной к творческой совместной деятельности, находить их оптимальное соотношение.

На первых этапах изучения физики, как основного курса, так и в условиях коворкинга, преобладает репродуктивный характер познавательной деятельности учащихся, в том числе совместной. По мере овладения понятиями, создания необходимой базы знаний для их дальнейшего использования, вооружения школьников учебными умениями, возрастают возможности для включения их в творческую индивидуальную и коллективную деятельность.

Одним из путей развития мотивации совместной деятельности в процессе обучения являются интегрированные учебные занятия, проводимые при реализации, как основной образовательной программы, так и дополнительной образовательной программы. Это эффективная форма реализации межпредметных связей при изучении комплексной проблемы, требующей синтеза знаний из разных наук и информационных технологий на основе конвергентных действий. Конвергентное действие должно носить сугубо проектный характер с различной предметностью. Для успешного формирования у учащихся конвергентных действий необходима соответствующая образовательная среда, которая, как указывает О. В. Гукаленко, «выстраивается

таким образом, чтобы предоставить человеку возможность к самоосуществлению, к организации самостоятельной деятельности, в ходе которой он осмысливает себя, мир культуры и свое место в этом мире» [12, с. 381].

А. А. Шогенов заключает, что образовательное пространство:

– обладает потенциалом свободы как возможности реализации образования в рамках «принципов и приоритетов образовательной политики, заявленных юридически», и основанного на гармоничном и свободном сочетании общечеловеческих ценностей, современных достижений глобальной мировой культуры, национально- и территориально-культурных традиций территориальных сообществ, народов, этносов и субэтносов Российской Федерации;

– многофункционально – «соответствие многообразным целям, возможность решения разного уровня и типа задач, осуществление разнообразных видов образовательной деятельности»;

– многопрофильно – «предоставление широкого спектра образовательных услуг, дифференцированных по признакам разных видов содержания (в том числе, технологий образования)»;

– обладает высокой степенью адаптивности и изменчивости – «высокая степень образовательной толерантности, быстрое реагирование на меняющуюся ситуацию»;

– имеет высокий уровень вариативности (в целях, содержании, технологиях, организационных моделях и др.) и, одновременно, системность в применении «образовательных парадигм и практик, образовательных «институций» и способов взаимодействий субъектов образования» [41].

Как показывает опыт нашей работы, таким образовательным пространством – средой может быть коворкинг на территории образовательной организации, в нашем случае лицейский коворкинг, где реализуется конвергентное образование [4; 5; 22].

Конвергентное образование, по мнению В. В. Беляевой, – «... тот вариант образования, в котором мы не просто устанавливаем межпредметные

связи и развиваем метапредметные компетенции, а еще и ищем подход к одному предмету через другой. И обучаем комплексно, через проектирование, соблюдая все этапы моделирования. Причем различные предметные области знаний и технологий активно преобразовывают и видоизменяют взаимные границы действия» [6]. Характерные отличительные черты конвергентного образования по отношению к межпредметности и интеграции представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Отличительные черты конвергенции по отношению к межпредметности и интеграции

И. Ю. Алексеева считает, что конвергенция не сводится к простой интеграции, тем более, что не всегда в ней есть потребность, следует говорить о конвергентном развитии разных областей знания, так как «происходящее в одних областях способствует осознанию вопросов, актуальных для других областей, возникновению в этих областях аналогичных методов и подходов» [1].

Конвергентное образование в широком смысле – проект, направленный на формирование такой междисциплинарной образовательной среды, как на уроке, так и во внеурочной деятельности, в которой обучающиеся будут воспринимать мир, как единое целое, а не как школьное изучение отдельных дисциплин.

Анализ представления о конвергентном образовании (целостной системы обучения, которая постепенно развивает интеллект человека) и понимании сути инновационного процесса как последовательной цепи событий, в ходе которых новшество реализуется от идеи до конкретного продукта, технологии и распространяется в хозяйственной практике [26; 39], позволяет определиться с понятием «конвергентное физическое образование».

Конвергентное физическое образование – совокупность достигаемых предметных результатов, освоенных конвергентных действий с различной предметностью и сформированных фундаментальных межпредметных знаний через возможность реализации совместной деятельности при различных формах ее организации (групповой и коллективной) по выполнению конвергентных заданий.

Основными принципами конвергентного физического образования как инновационного направления мотивации к совместной деятельности являются:

- междисциплинарный синтез знаний физики, технологии, черчения, математики, истории науки и техники, информационных технологий;
- переориентация учебной деятельности с познавательной на совместную проективно-конструктивную;
- взаимодействие учащихся между собой и учащихся с учителем направлено на выработку и реализацию совместного решения задач для получения «продукта» совместной деятельности;
- моделирование и конструирование;
- коммуникация учащихся ↔ учащихся, учащихся ↔ члены временного творческого коллектива, члены временного творческого коллектива ↔ учителя-предметники;
- обучение не предметным знаниям, а конвергентным действиям с использованием возможностей Лицейского коворкинга;
- надпредметные знания через НБИК-технологии (нано-, био-, инфор-

мационные и когнитивные технологии);

– ведущая роль самоорганизации в процессах обучения.

Конвергенция физического образование, реализуемое на базе конвергентной среды общеобразовательной организации, открывает перспективы получения новых знаний и идей для новых субъективных открытий при выполнении конвергентных заданий.

§2. Конвергентных заданий по физике

В педагогическом словаре под учебным заданием понимается вид поручения учителя учащимся, в котором содержится требование выполнить какие-либо учебные (теоретические или практические) действия. Некоторые задания требуют активизации знаний и действий, другие – актуализации ранее усвоенного. Могут существовать и задания, реализующие обе функции [31].

«Задание, – по мнению А. Н. Леонтьева, – это поставленная цель на основе определенных условий» [23, с. 232]. Обозначая особенности задания, он использует термины «потребность», «мотив», «деятельность». Потребность, по утверждению А. Н. Леонтьева, «погружает» человека в работу, мотив же призывает к деятельности. В человеческой деятельности выделяют действия и приемы деятельности. Если первое направлено на достижение цели, то второе – на создание условий для реализации цели. Таким образом, А. Н. Леонтьев внес в теорию учебных заданий новое направление – он обосновал идею о необходимости выделения действия (поведения) в человеческой деятельности.

Взгляды А. Н. Леонтьева об учебных заданиях развили в своих исследованиях Я. А. Пономарев и Н. Ф. Талызина. Я. А. Пономарев, комментируя понятие «задание», обосновал категорию «заданная ситуация». Он определил

исполнителя задания как субъекта в заданной ситуации. Субъект (исполнитель) и объект (данное задание) в заданной ситуации взаимовлияют друг друга, что приводит к удовлетворению потребности, и таким образом «разрешается» данная ситуация. В заданной ситуации выявляются все действия субъекта, субъект может обновить, изменить заданные условия с тем, чтобы достичь желаемого результата. Я. А. Пономарев внес ряд категорий в теорию заданий, в частности, определил взаимовлияние субъекта и объекта в учебной ситуации, активность субъекта в плане овладения знаниями, их совершенствования [32, с. 70].

В Российской педагогической энциклопедии дефиниция «учебное задание» трактуется как «вид поручения учителя учащимся, в котором содержится требование выполнить какие-либо учебные (теоретические или практические) действия» [33, с. 317].

Н. Ф. Талызина, создавая теорию управления процессом усвоения знаний, указывала, что средством обучения в этом случае является учебное задание, содержащее проблемную ситуацию, мотивирующую к деятельности по усвоению знаний [35].

Рассматривая психолого-педагогическую особенность деятельности учащихся по выполнению заданий, Л. М. Фридман определяет учебное задание на основе проблемной ситуации: «Модель любого признака проблемной ситуации можно назвать заданием» [37].

Исследуя учебные задания, как педагогическую проблему, О. Р. Розиков определил дефиницию «учебное задание», сопоставляя ее с дефиницией «учебный материал», как «видоизмененной формой учебного материала, исходящей из нужд обучения и учебы» [33, с. 20] и описал свойства учебных заданий:

- возможность построения (структуризации);
- возможность построения и пересмотра структуры;
- наличие формы учебного материала;

- соразмерность этапов процесса обучения;
- возможность замены одного задания другим;
- открытая система;
- дополнение одного другим;
- соответствие приемов изучения и совершенствования знаний требованиям;
- создание условий для удовлетворения потребностей в учении и обучении [33, с. 13-17].

«Задания отражают опыт, накопленный человечеством, и одновременно являются средством обновления материальных и духовных ценностей и дальнейшего их обогащения» [цит. по 13, с. 325]. О. Розиков обосновал идею подразделения заданий на три группы:

а) задания общественного производства. С этим видом заданий сталкиваются представители всех профессий и соответственно решают их. Производственные задачи обусловлены всей окружающей средой, их решение развивает общество;

б) задания, связанные с научными знаниями. Чаще их называют научными проблемами. Проблемные вопросы представлены в таком виде, что ответа на них в существующих научных знаниях нет. Даже самая маленькая проблема в науке требует ее исследования и решения; задания же (задачи), имеющие мировое значение, заключаются в постановке проблемы и их выполнении. Основная цель постановки научных проблем связана с изучением явлений природы, общества, психики, изобретением новых способов деятельности;

в) учебно-познавательные задания. Они применимы в учебном процессе. С помощью этих заданий развивается личность ученика, в том числе и мотивационная сфера.

В исследовании А. И. Уман учебное задание выступает в качестве формы воплощения и средства реализации содержания образования и формирования деятельности учащихся, в том числе и самостоятельной [36].

Обобщая выше приведенный анализ дефиниции «учебное задание» можно выделить следующие значения:

- проблемная ситуация (Я. А. Пономарев, Л. М. Фридмана);
- средство обучения (Н. Ф. Талызина С. Л. Рубинштейн);
- средство, побуждающее к действию (А. М. Прохоров, А. И. Уман);
- цель (А. Н. Леонтьев);
- форма подачи учебного материала (О. Розиков).

Базируясь на работках психологов, педагогов и требованиях ФГОС О. Б. Логинова и С. Г. Яковлева, А. В. Хуторской в своих работах:

1) описали структуру учебного задания, включающую:

– целеполагающую часть, которая способствует мотивации, постановке цели и планированию;

– содержательную часть, которая вытекает из условия в виде различной информации и вопроса, связанного с определенными учебными действиями;

– критерии оценки, которые призваны мотивировать деятельность, и являются эталоном выполнения задания;

2) выделили содержательную сторону учебного задания, которая должна:

– затрагивать интересы учащихся;

– иметь эмоциональную окраску (может содержать занимательные примеры, опыты);

– соответствовать учебным и возрастным возможностям школьников;

– находиться в зоне ближайшего развития учеников [724; 25; 38].

Учитывая вышесказанное и что конвергенция – процесс сближения в нашем случае знаний, умений из различных школьных дисциплин и информационных технологий на основе комплексности – установления и усвоения

связей между структурными элементами учебного материала различных учебных предметов посредством знаний-описаний и знаний-предписаний [40], определимся с термином «конвергентное задание» и опишем структуру данного вида задания.

Конвергентное задание по физике – это задание, которое включает учащегося в деятельность на основе синтеза знаний-описаний и знаний-предписаний из физики, черчения, технологии и информационных технологий по получению «продукта», структурированного:

– предметным компонентом (заголовок, мотивационная часть (зачем делать), содержательная часть (что надо сделать, как сделать, какие условия соблюсти, в какой форме представить результат));

– надпредметным компонентом (перечень действий, направленных на достижение результата);

– познавательным и/или занимательным компонентом, связанным с конвергенцией наук.

Учитывая, что конвергенция в образовании – взаимодействие научных дисциплин (предметов), прежде всего, естественных ИКТ, то конвергентные задания имеют комплексный характер согласно исследованиям О. Р. Шефер и Ю. Г. Вагановой, так как они включают «ученика в деятельность по установлению и усвоению связей между структурными элементами учебного материала различных разделов одного предмета или различных предметов» [40, с. 69].

В разработанном нами комплекте конвергентных заданий по физике можно, по аналогии с классификацией комплексных задач предложенной в исследовании О. Р. Шефер и Ю. Г. Вагановой [40], выделить несколько уровней, в зависимости от числа задействованных связей в задании, но с учетом, что при выполнении конвергентного задания по физике любого уровня будут использоваться возможности ИКТ:

I) подсистемный, выполнение конвергентного задания данного уровня требует применение знаний-описаний и знаний-предписаний одного раздела физики и ИКТ;

II) внутрисистемный, выполнение конвергентного задания данного уровня требует применение знаний-описаний и знаний-предписаний двух или более разделов физики и ИКТ;

III) межсистемный, выполнение конвергентного задания данного уровня требует применение знаний-описаний и знаний-предписаний из двух или более учебных предметов, и ИКТ;

IV) смешанный, выполнение конвергентного задания данного уровня требует применение знаний-описаний и знаний-предписаний из двух или более разделов и физики, и других предметов естественно-математического цикла и ИКТ.

Примеры конвергентных заданий по физике, иллюстрирующие проведенную классификацию уровней, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры уровневых конвергентных заданий по физике

№	Задание	Дидактические задачи, решаемые в процессе выполнения КЗ по физике	План выполнения КЗ по физике
1	Разработать портативный генератор электроэнергии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Овладеть умением выполнять КЗ подсистемного уровня. 2. Изучить виды альтернативной энергии. 3. Смоделировать портативный генератор электроэнергии в программе КОМПАС-3D. 4. Собрать устройство и проверить его работоспособность. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение теории, лежащей в основе работы генератор электроэнергии. 2. Описание с точки зрения физики модели генератора электроэнергии. 3. Моделирование конструкции портативного генератора. 4. Подбор электронных компонентов для создания действующей модели портативного генератора. 5. Встраивание технологических отверстий для внедрения электронных компонентов в программу КОМПАС-3D модели портативного генератора. 6. Печать разработанных нами 3D моделей на 3D принтере ABS пластиком. 7. Обработка напечатанных деталей. 8. Встраивание электроники. 9. Герметизация корпуса портативного генератора электроэнергии. 10. Реализация проекта, демонстрация работы портативного генератора электроэнергии в рамках проекта «Умный дом»
2	Разработать установку для демонстрации ветрогенератора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Овладеть умением выполнять КЗ внутрисистемного уровня. 2. Изучить основные понятия ветровой энергетики. 3. Изучить прототипы и модели ветровых электростанций. 4. Смоделировать ветрогенератор в программе КОМПАС-3D. 5. Разработать и собрать для демонстрации на уроках физики макет частного дома с ветровой электростанцией. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление проблем ветровой энергетики. 2. Изучение теории, лежащей в основе работы ветрогенератора. 3. Описание с точки зрения физики модели ветрогенератора. 4. Моделирование конструкции ветрогенератора. 5. Подбор компонентов для создания действующей модели ветрогенератора. 6. Создание трехмерной модели каждой составляющей конструкции ветрогенератора в виртуальной среде КОМПАС-3D / Fusion 360. 7. Создание модели деталей в реальном масштабе с использованием 3D-принтера. 8. Сборка действующей модели ветрогенератора. 9. Реализация проекта, демонстрация получения ветровой генерации электрической энергии в рамках проекта «Умный дом».
3	Разработать	1. Овладеть умением выполнять КЗ	1. Изучение истории создания и использования простых механизмов.

	<p>установку для демонстрации работы простых механизмов</p>	<p>межсистемный о уровня.</p> <p>2. Изучить историю создания, развития и применения в быту и технике простых механизмов.</p> <p>3. Смоделировать и собрать простые механизмы.</p> <p>4. Продемонстрировать применение простых механизмов в жизнедеятельности человека с учетом исторической хронологии.</p>	<p>3. Изучение теории, лежащей в основе работы простых механизмов</p> <p>4. Анализ области применения простых механизмов (технике, быту, медицины, робототехнике и др.).</p> <p>5. Изучение возможностей 3D моделирования в программном обеспечении Blender.</p> <p>6. Выполнение 3D моделирования объектов простых механизмов (рычаг, наклонная плоскость) с использованием возможностей программного обеспечения Blender.</p> <p>7. Сборка и отладки действующих простых механизмов с использованием набора Лего.</p> <p>8. Реализация проекта, демонстрация конструкции «Почтовые весы», «Тягач с полиспастом», «Протез» с учетом исторической хронологии появления прототипов этих механизмов.</p>
4	<p>Разработать установку для демонстрации работы гидростанции на примере гидроаккумулирующей станции</p>	<p>1. Овладеть умением выполнять КЗ смешанного уровня.</p> <p>2. Проанализировать суточные нагрузки энергосетей в местности проживания.</p> <p>3. Изучить прототипы и модели гидроаккумулирующей станции</p> <p>4. Смоделировать гидроаккумулирующую станцию в программе КОМПАС-3D.</p> <p>5. Создать модель гидроаккумулирующей станции.</p> <p>6. Предложить варианты оптимизации и усовершенствования гидроаккумулирующей станции с учетом требований экологии.</p>	<p>1. Выявление проблем (технических, экологических, ландшафтных и др.) генерации электрической энергии гидроаккумулирующими станциями.</p> <p>2. Изучение теории, лежащей в основе работы гидроаккумулирующей станции</p> <p>3. Описание с точки зрения физики модели гидроаккумулирующей станции</p> <p>4. Изучение возможностей среды программирования «Ардуино» для создания действующей модели гидроаккумулирующей станции.</p> <p>5. Выполнение моделирования гидроаккумулирующей станции в виртуальной среде КОМПАС-3D / Fusion 360.</p> <p>6. Создание модели деталей в реальном масштабе с использованием 3D-принтера.</p> <p>7. Сборка и отладки действующей модели гидроаккумулирующей станции с использованием возможностей среды программирования «Ардуино».</p> <p>8. Реализация проекта, демонстрация получения генерации электрической энергии с использованием гидроаккумулирующей станции и описание ее эксплуатации с учетом требований экологии и к обустройству ландшафтных площадей.</p>

Цель использования конвергентных заданий по физике заключается в том, чтобы обучить не отдельным мыслительным операциям в случайном, стихийно складывающемся порядке, а в системе умственных действий в сочетании с практическими совместными действиями, сформированными при изучении таких предметов, как физика, черчение, технология и информационные технологии для получения «продукта деятельности». Эта активность заключается в том, что учащиеся, распределяют направления действий участников временного творческого коллектива (ВТК в рамках нашего исследования – это добровольное объединение учащихся, заинтересованных в совместной деятельности по изучению физики средствами конвергентной среды общеобразовательной организации) по выполнению следующих действий:

- анализ, сравнение, синтез, обобщение, конкретизация материала по физике и технике, информатике, расположенного на различных носителях (бумажных, электронных);

- трансляция полученной новой информации, ее систематизация и презентация для всех участников ВТК;

- организация обсуждения результатов теоретического исследования с опорой на знания-описания и знания-предписания по черчению и технологии,

- использования возможности информационных технологий для моделирования, конструирования «продукта» с учетом физических теорий,

- получения результата совместной деятельности, требуемого по условию задания «продукта деятельности».

Процесс выполнения конвергентного задания по физике рассматривается в динамике формирования у учащихся опыта совместной деятельности, совокупности взаимосвязанных действий (таблица 2), предпринимаемых учащимися и учителями предметниками при выполнении конвергентного задания с использованием ресурсов конвергентной среды образовательной организации, коммуникативных и рефлексивных качеств личности, мотивации

к совместной деятельности в конвергентной среде общеобразовательной организации, что представлено в процессуально-методическом блоке модели.

В процессе совместной деятельности по выполнению конвергентного задания, базирующейся на ориентировочной основе действий, учащиеся приобретают личный метакогнитивный опыт (самоорганизации, самоуправления, самоконтроля, самооценки), дополняя внешние регуляторы (требования ФГОС, конвергенции) собственными параметрами, которые поддерживаются и корректируются учителем (управление) и самими учащимися (самоуправление).

Любая деятельность процессуальна, поэтому совместная деятельность учащихся, базирующаяся на выполнении конвергентных заданий по физике, должна представляться и анализироваться как взаимосвязанная деятельность ее субъектов – учащихся и учителя. Это означает, что процесс выполнения конвергентных заданий по физике определяется всеми другими компонентами деятельности: ее целями, содержанием, организационными формами (индивидуальными, групповыми, коллективными), средствами осуществления, результатами. На мотивацию совместной деятельности учащихся существенно влияет процесс последовательности применения на каждом из этапов методов обучения:

- проблемного (постановка проблемы, требующей поиска решений, как под руководством учителя или частичным курированием с его стороны, так и самостоятельно учащимися);

- частично-поискового (эвристического) (самостоятельного выполнения учащимися отдельных этапов поиска решений);

- исследовательского (самостоятельного выделения и постановки проблемы учащимися, нахождения методов ее решения, формулирования выводов и обобщений, подготовки и проведения презентации полученных результатов в процессе исследования).

Таблица 2 – Структура совместной деятельности учащихся по выполнению конвергентных заданий

Действие	Операции	Содержание операций
<p>I. Анализ содержания конвергентного задания посредством стратегии конвергентно-параллельного проектирования</p>	<p>1. Ориентировка</p> <p>2. Планирование</p> <p>3. Исполнение</p> <p>4. Контроль</p>	<p>1. Индивидуальная работа с текстом конвергентного задания с целью определения условий и требований. Командное осуждение свойств получаемого в ходе выполнения задания конвергентного задания и получения итогового «продукта», распределение поручений для: а) установления объектов исследования и отношения между ними; б) определения тем, разделов физики и других учебных дисциплин на занятиях, по которым изучался данный объект</p> <p>2.1. Коллективное обсуждение результатов работы по выполнению поручений и на этой основе: а) понятийного аппарата исследования и определение ранее неизвестных понятий и особенности работы с ними; б) выделение состояния системы, характеристик системы (величин); в) характеристик изменения состояния системы.</p> <p>2.2. Распределение поручений группам, составляющим ВТК, для решения задач, лежащих в основе выполнения конвергентного задания на этом этапе.</p> <p>3. Коллективное обсуждение для перекодировки задания, выполнение группами задач по построению знаково-символической модели (рисунок, схема), по определению необходимых и достаточных материальных ресурсов, информационных технологий для выполнения задания.</p> <p>4. Коллективное обсуждение при воспроизведении содержания задания по построенной знаково-символической модели и ресурсному обеспечению для получения «продукта».</p>
<p>II. Составление плана выполнения конвергентного задания посредством стратегии встраиваемого проектирования</p>	<p>1. Ориентировка</p> <p>2. Планирование</p> <p>3. Исполнение</p> <p>4. Контроль</p>	<p>1. На основе коллективного обсуждения выявление предмета задания, раздела, темы, системы знаний (физики и других учебных дисциплин), которые объясняют причины изменения состояния системы (взаимодействия), вида (формы) движения материи.</p> <p>2. На основе коллективного обсуждения определение возможных путей решения требования задания на основе комплексного применения знаний-описаний и знаний-предписаний и ресурсных возможностей конвергентной среды общеобразовательной организации, выявление рационального метода выполнения задания и применения, получаемого при выполнении конвергентного задания. Распределение поручений группам для решения задач этого этапа.</p> <p>3. На основе поручений групп решения задач: а) оформление основных теоретических положений; б) подбор средств из представленных в конвергентной среде общеобразовательной организации для выполнения «продукта»; в) разработка компьютерных программ.</p> <p>4. Определение членами групп недостающей научной информации, материальных, технических и информационных ресурсов для выполнения поручений на этом этапе.</p>

<p>III. Осуществление выполнения конвергентного задания посредством стратегии методологического фреймворка</p>	<p>1. Ориентировка 2. Планирование 3. Исполнение 4. Контроль</p>	<p>1. Определение членами групп источника (раздела, темы, дисциплины, компьютерной программы и т.д.), из которого можно взять недостающую информацию для решения определенных им задач. 2.1. Коллективное обсуждение прототипа «продукта» на основе комплексного применения знаний-описаний и знаний-предписаний, с целью получения соотношения между условием и требованием задания, определение их достаточности на основе проделанной работы на I и II этапах членами групп. 2.2. Распределение поручений группам, составляющих ВТК, для решения задач, лежащих в основе выполнения конвергентного задания на этом этапе. 3. Оформление результата выполнения конвергентного задания, на основе комплексного применения знаний-описаний и знаний-предписаний, представленных на основе проделанной работы на I и II этапах группами, составляющими ВТК, с целью получения «продукта». 4. Проверка в процессе коллективной деятельности соответствия характеристик полученного «продукта» условиям и требованиям задания, и применимости полученного «продукта» на бытовом уровне и др.</p>
<p>IV. Получение результата и его анализ посредством стратегии методологического фреймворка</p>	<p>1. Ориентировка 2. Планирование 3. Исполнение 4. Контроль</p>	<p>1. Уточнение содержания, полученного в результате работы групп, составляющих ВТК, его физическая интерпретация в процессе коллективного обсуждения всеми участниками работы по выполнению конвергентного задания. 2.1. Коллективное обсуждение условий и выбор способа проверки рациональности и научности процесса выполнения конвергентного задания и «жизнеспособности» полученного «продукта». 2.2. Распределение поручений группам, составляющих ВТК, для решения задач, лежащих в основе выполнения конвергентного задания на этом этапе и итоговой презентации «продукта». 3. Исследование группами, составляющими ВТК, частных (предельных) случаев, проверка полученных результатов на достоверность, реальность, симметричность в соответствии с использованным комплексом знаний-описаний и знаний-предписаний по физике, информатике, математике, черчению и др. 4.1. Проверка группами, составляющими ВТК, условий, при которых задание имеет решение, нахождение других решений при различных допущениях, определение возможности получения результата другими способами. 4.2. В процессе коллективного обсуждения выявление наиболее рационального способа получения в ходе выполнения конвергентного задания «продукта» и его оптимальной презентации.</p>

Мотивация учащихся к совместной деятельности в конвергентном физическом образовании происходит при выполнении следующих условий:

а) учет уровня подготовки учащихся (уровень усвоения предметных знаний должен быть не ниже уровня воспроизведения) и посещаемости учащимися дополнительных занятий, проводимых в конвергентной среде образовательного содержания;

б) сочетание групповой и коллективной формы работы учащихся над конвергентным заданием по физике;

в) периодическое проведение учителем (в начале и в конце совместной деятельности по выполнению конвергентного задания) диагностики мотивации учащихся к совместной деятельности при изучении физики.

Проиллюстрируем, опираясь на описанное содержание операций в таблице 1 (ориентировка, планирование, исполнение, контроль) за счет реализаций которых происходит мотивация учащихся к осуществлению действий в групповой и коллективной работе над конвергентным заданием по физике на примере конвергентного задания внутрисистемного уровня «Исследование законов сохранения энергии, как основы работы различных физических систем». Цель выполнения конвергентного задания: выяснить, как работают различные физические системы на основе закона сохранения энергии и как можно оптимизировать переход одного вида энергии в другой для этих систем.

I. Анализ содержания конвергентного задания посредством стратегии конвергентно-параллельного проектирования

1. Постановка задачи (ориентировка). Участникам ВТК предлагается выбрать одно из следующих направлений для изучения:

– Механическая энергия: исследование преобразования потенциальной энергии в кинетическую на примере падающего шарика.

– Электрическая энергия: изучение преобразования энергии в электрических цепях.

– Тепловая энергия: изучение преобразования тепловой энергии в механическую.

2. *Формирование групп, распределение поручений (планирование)*. ВТК делится на три группы. Распределение поручений группам и в группах для планирования исследования своего варианта преобразования энергии из предложенных направлений изучения.

3. *Параллельные исследования (исполнение, контроль)*. Выполнение группами задач по конструированию знаково-символической модели:

Группа 1 (механическая энергия) падения шарика с различных высот.

Группа 2 (электрическая энергия) электрическая цепь с лампочкой, электродвигателем, термистором, источниками тока с разными характеристиками.

Группа 3 (тепловая энергия) установка по созданию водяного пара и модель паровой турбины.

Коллективное обсуждение перекодировки задания, согласно, сконструированным знаково-символическим моделям.

II. Составление плана выполнения конвергентного задания посредством стратегии встраиваемого проектирования

1. *Определение целей и задач исследования (ориентировка)*. Коллективное обсуждение предмета задания, системы знаний-описаний и знаний-предписаний, необходимых для работы групп:

Группа 1 (механическая энергия) – измерения высоты падает, определение влияния значения высоты падения на скорость при падении шарика и методы ее определения.

Группа 2 (электрическая энергия) – измерения напряжения, силы тока, мощности в электрической цепи с источниками тока, имеющими различные характеристики и разными внешними нагрузками.

Группа 3 (тепловая энергия) – измерения температуру пара и определение влияния ее на мощность теплового двигателя.

2. *Проектирование модели экспериментальной установки (планирование)*. На основе коллективного обсуждения определения возможных путей разработки группами моделей экспериментальных установок, использования ИКТ и протоколов для измерений, группам определяют дальнейшие действия по совместной работе над своей частью задания:

Группа 1 (механическая энергия) определяет механизм заполнения Excel таблицы с данными о высоте и скорости в представленной модели экспериментальной установки.

Группа 2 (электрическая энергия) моделирует схемы электрических цепей и определяет механизм фиксации показания мультиметра с использованием ИКТ.

Группа 3 (тепловая энергия) определяет механизм фиксации измерения температуры пара и результата работы смоделированной установки с использованием ИКТ.

3. *Планирование представления результатов (исполнение, контроль)*. Каждая группа готовит презентацию, которая включает описание модели экспериментальной установки исследования, результаты и выводы для коллективного обсуждения и принятия решения.

III. Осуществление выполнения конвергентного задания посредством стратегии методологического фреймворка

1. *Проверка готовности к проведению экспериментов с моделью установки (ориентировка, планирование)*. Обсуждение членами группы готовности к проведению экспериментов и представления на коллективное обсуждение принятой группой методологии проведения и фиксации результатов исследования, а также возможности по оптимизации перехода одного вида энергии в другой:

Группа 1 (механическая энергия) – по фиксации измерения высоты и времени падения, определения скорости падения.

Группа 2 (электрическая энергия) – по фиксации измерения силы тока и напряжения в цепи при различных нагрузках и с источниками тока с различными параметрами.

Группа 3 (тепловая энергия) – по фиксации измерения температуры пара и определения получаемых от этого эффектов.

2. Проведение исследования и обработка данных (исполнение). Проведение каждой группой исследования по предложенной методологии. Обсуждение и анализ полученных данных внутри групп и определение на этой основе оптимизации преобразования энергии.

Коллективное обсуждение для определения по полученными группами результатов оптимизации перехода энергии из одного вида в другие в исследуемых системах.

3. Подготовка отчета и презентация «продукта» (исполнение, контроль). Составление группами отчета, включающего результаты, анализ данных, выводы по оптимизации перехода энергии из одного вида в другой в различных системах, по результатам своей части исследования. Коллективное обсуждение выявления наиболее рационального способа получения в ходе выполнения задания «продукта», его презентации и использованию в быту и технике с учетом прилагаемой оптимизации.

§3. Организация работы учащихся по выполнению конвергентных заданий

Организация выполнения конвергентного задания по физике и получение «продукта деятельности» осуществляется учителем физики таким образом:

– Создание учебно-проблемной ситуации, которая вводит учащихся в суть предлагаемого конвергентного задания. Учебно-проблемная ситуация может быть создана разными приемами:

а) постановкой перед учащимися задания, решение которого возможно

лишь на основе совместной деятельности с привлечением знаний-описаний и знаний-предписаний из различных школьных предметов, а также деятельности носящей проектный характер с различной предметностью;

б) беседой (рассказом) учителя о теоретической и практической значимости «продукта деятельности», получаемого в процессе совместной деятельности по выполнению конвергентного задания и особенности структуры деятельности (групповой, коллективной) по его выполнению (таблица 2).

– Формулировка задания обычно производится учителем как итог коллективного обсуждения проблемной ситуации с использованием стратегии конвергентно-параллельного проектирования. Это может происходить, например, в такой форме: «Таким образом, нам необходимо для создания банка заданий по подготовке к олимпиадам по физике, спроектировать и изготовить самодельное оборудование для исследования зависимости объема газа от температуры при постоянном давлении, отладить работу установки и подготовить модель оформления отчета по исследованию с применением компьютерной программы».

Содержание задания показывает учащимся тот ориентир, на который они должны направлять совместную деятельность в процессе получения «продукта деятельности» и как использовать возможности конвергентной среды образовательной организации для проведения групповых и/или коллективных исследований и экспериментов при выполнении конвергентного задания по физике.

«Не может возникнуть никакой деятельности без наличия цели и задачи, пускающей в ход этот процесс, дающей ему направление», – писал Л. С. Выготский [10]. Важное условие мотивации совместной деятельности – отношение учащихся к самостоятельной постановке и принятию задач, решение которых позволяет достичь цели, закрепление ответственных по их решению.

– Необходим самоконтроль и самооценка возможностей предстоящей совместной деятельности по выполнению задания.

После того, как суть конвергентного задания по физике понята и принята всеми участниками временного творческого коллектива, намечается и обсуждается план предстоящей совместной деятельности по получению «продукта деятельности». Учитель физики сообщает время, отпущенное на выполнение задания, примерные сроки представления «продукта деятельности». Это создает у учащихся ясную перспективу совместной деятельности по изучению физики в конвергентной среде общеобразовательной организации. Затем в совместном анализе содержания конвергентного задания учитель и учащиеся выявляют, какие знания-описания и знания-предписания из различных школьных предметов необходимы для выполнения задания. Тем самым, у учащихся создается установка на необходимость подготовки к совместной деятельности по выполнению конвергентного задания. Завершается обсуждение тем, что учащиеся дают самооценку своим возможностям по выполнению конвергентного задания, что позволяет распределить обязанности между группами, составляющими ВТК, их членами в совместной деятельности при выполнении конвергентного задания. Выстраивания такой совместной деятельности происходит на основе стратегии встраиваемого проектирования. Некоторым учащимся учитель физики предлагает консультацию учителя предметника для восполнения имеющихся у них дефицитов в знаниях-описаниях и знаниях-предписаниях по соответствующим научным направлениям, лежащих в основе выполнения выделенной группе, куда он входит, части конвергентного задания.

На данном этапе учащиеся учатся планировать совместную деятельность (таблица 3), действовать по плану, коммуницировать не только между членами группы и временного творческого коллектива, но и с учителем физики и учителями предметниками, представлять полученные промежуточные результаты, решать, как провести синтез результатов работы каждой группы, составляющей ВТК, определять, как использовать получаемый «продукт».

В дальнейшем на формирующем этапе учащиеся осваивают знания-описания и овладевают действиями и операциями, позволяющие выполнять

конвергентное задание по физике, а также овладевают действиями и операциями, лежащие в основе совместной деятельности по изучению физики, выявляют и используют ресурсы лицейского коворкинга, позволяющие овладеть данными видами деятельности на основе стратегии методологического фреймворка.

Достижение цели данного этапа в мотивации учащихся к совместной деятельности зависит, главным образом, от того:

– будет ли учащимся понятно содержание конвергентного задания и отдельных его частей, содержание всех действий и операций для его выполнения;

Таблица 3 – Примерный план совместной работы над конвергентным заданием

№	Действия	Ответственный	Срок выполнения
1	Ознакомление с сутью конвергентного задания по физике и формулировка цели его выполнения		
2	Выдвижения задач, решение которых позволяет достичь цели выполнения конвергентного задания и получения «продукта»		
3	Выявление необходимых ресурсов (материальных, знаний, умений и др.) для выполнения конвергентного задания по физике с учетом возможности Лицейского коворкинга		
4	Распределение обязанностей с учетом структуры деятельности по выполнению конвергентного задания по физике (таблица 10): 4.1 4.2.		
5	Определения средства коммуникации между участниками совместной деятельности по выполнению конвергентного задания по физике		
6	Консультации с учителями для разрешения проблем, возникающих при выполнении конвергентного задания по физике 6.1 физики 6.2 информатики 6.3 технологии 6.4 черчения 6.5....		
7	Представление промежуточных результатов выполнения конвергентного задания по физике 7.1 7.2		
8	8.1. Коррекция, уточнение на основе представления промежуточных результатов выполнения конвергентного задания по физике, дальнейшей совместной деятельности по выполнению конвергентного задания. 8.2. Определение перспектив продолжения работы по выполне-		

	нию конвергентного задания по физике		
9	Повторное представление промежуточных результатов выполнения конвергентного задания по физике 9.1 9.2		
10	Сведение всех результатов выполнения конвергентного задания по физике членами микрогрупп в единую «картину»		
11	Оформление «продукта», получаемого при выполнении конвергентного задания по физике		

– осознают ли учащиеся закономерную связь между целью выполнения конвергентного задания и вклада каждого участника ВТК в совместную деятельность по его выполнению;

– выступают ли выдвинутые задачи, лежащие в основе достижения цели, для ученика как явно видимая система, иерархия задач, решаемых в совместной деятельности при выполнении конвергентного задания с использованием возможности конвергентной среды общеобразовательной организации.

Совместная деятельность по выполнению конвергентного задания должна сопровождаться коммуникациями между всеми участниками ВТК, осуществляющими, как организацию совместной деятельности по изучению физики, так и работу по его выполнению (рис. 3).

В процессе организации общения, учащиеся выдвигают гипотезы, обосновывают и защищают свое мнение, выясняют непонятые термины и формулировки, подтверждают теоретические положения на практике, а также оценивают результаты работ, как своей группы, так и всех членов ВТК в целом. посредством представления промежуточных результатов и публичной их защиты учащиеся повышают уровень культуры общения, формируют умение выслушать друг друга и проводить коррекцию, уточнять на основе обсуждения промежуточных результатов выполнения конвергентного задания, направление дальнейшей совместной деятельности по его выполнению, определяют перспективы продолжения совместной работы над конвергентным заданием.

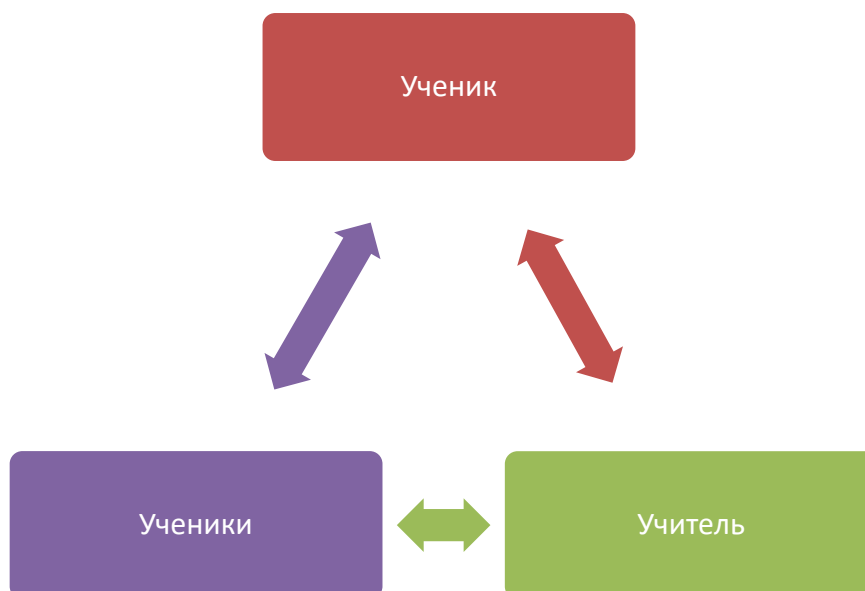


Рисунок 3 – Схема организации совместной деятельности всех участников работы по выполнению конвергентного задания

При такой структуре совместной деятельности учащихся по выполнению конвергентного задания по физике, когда основным содержанием операционально-познавательного этапа становится моделирование объектов и явлений, конструирование моделей, разработка компьютерных программ и симуляций, совместная деятельность учащихся приобретает не только теоретический, но и экспериментально-исследовательский характер. Таким образом, учащиеся как бы вводятся в «лабораторию мысли» соответствующих наук, приобретают опыт совместной деятельности на базе конвергентной среды образовательной организации.

§4. Особенность работы над конвергентным заданием по физике «Процесс работы ядерного реактора на атомной станции»

Рассмотрим особенность работы над конвергентным заданием по физике – создание прототипа образовательной видеопрограммы, позволяющей погрузиться в процесс работы ядерного реактора на атомной станции, базирующейся на технологиях компьютерной графики и дополненной реальности. Учитывая

сложность данного проекта, актуальным является организация совместной деятельности учащихся, когда каждая группа, составляющая ВТК, будет выполнять свой объем работ. Используя метод «Разделяй и властвуй», временный творческий коллектив учащихся должен провести исследование, определить этапы работы над конвергентным заданием и их содержание, распределить обязанности для групп по выполнению отдельных этапов в зависимости от наличия знаний-описаний, способов деятельности и мотивации ее членов. В результате выполнения конвергентного задания учащиеся смогли обосновать ценность применения дополненной реальности в рамках визуализации сложных физических процессов, происходящих в ядерном реакторе, за счет погружения в информационно-справочное изображение. Использование компьютерной графики и программы с открытым исходным кодом Blender 2.8 позволило создать видеозаписи по АЭС, работающую совместно с очками дополненной реальности [19].

При проектировании учащимися были учтены все особенности строения современных атомных электростанций (АЭС) (рис. 4), выгодное расположение объектов, участвующих в рабочем процессе – выработке электроэнергии. Последним этапом было наложение текстур, т.н. UV-Mapping, посредством разложения моделей на нормали и последующим применением материалов и финальной доработкой.

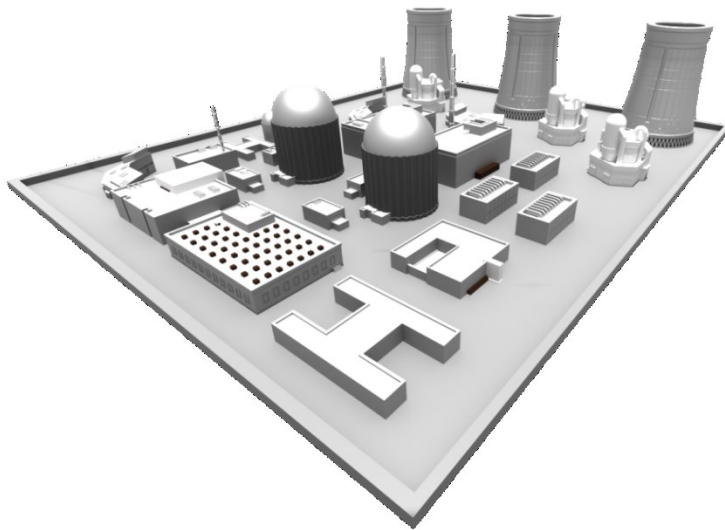


Рисунок 4 – Современная АЭС

Целью на первом этапе работы по выполнению конвергентного задания было смоделировать простые заготовки под объекты, обозначить расположение каждого из элементов (рис. 5).

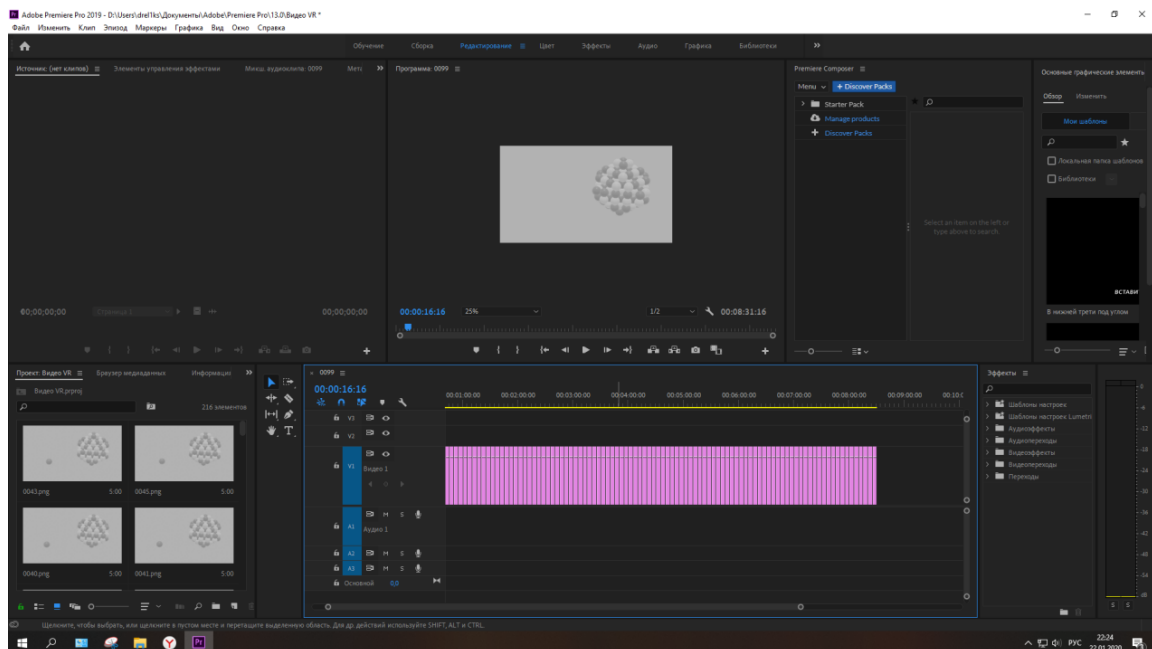


Рисунок 5 – Первый этап создания видео экскурсии

Затем велось усложнение форм и последующая детализация, приближен-

ная к реальным объектам действующих АЭС (рис. 6 – 10).

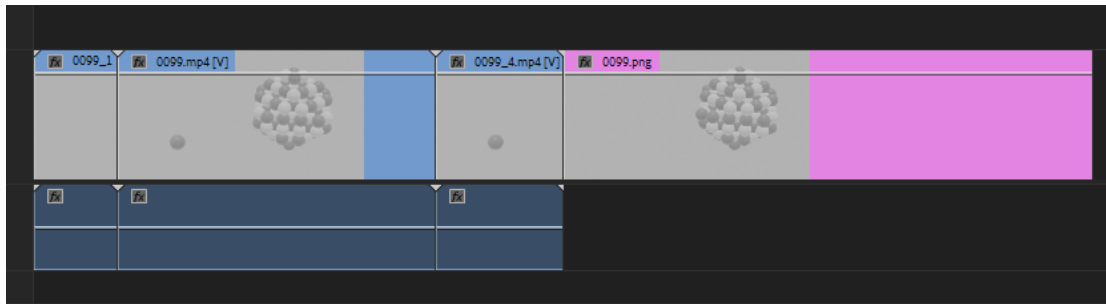


Рисунок 6 – Второй этап создания видео экскурсии

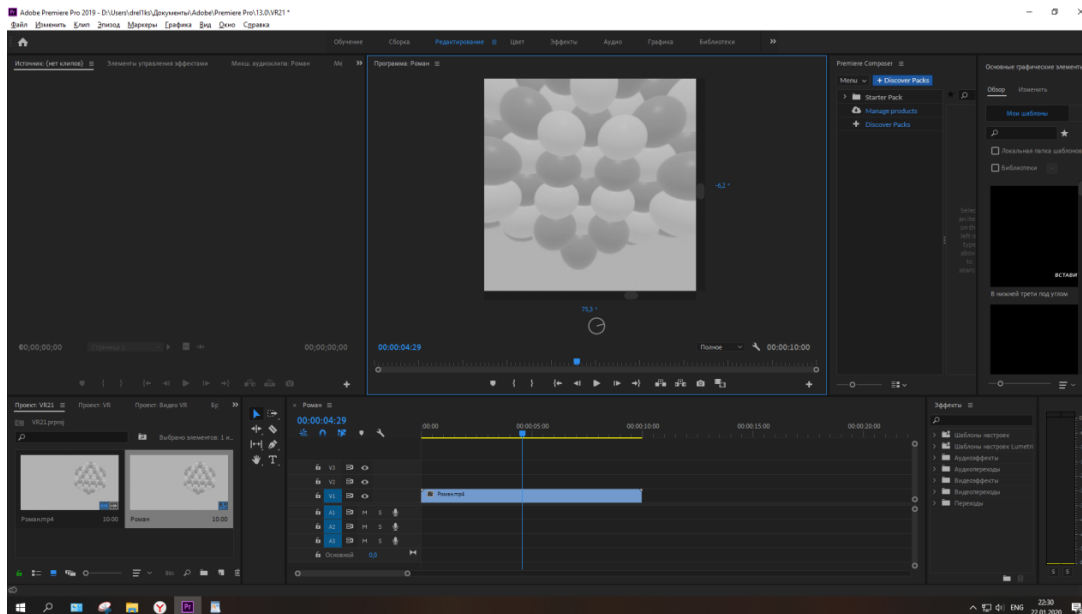


Рисунок 7 – Третий этап создания видео экскурсии

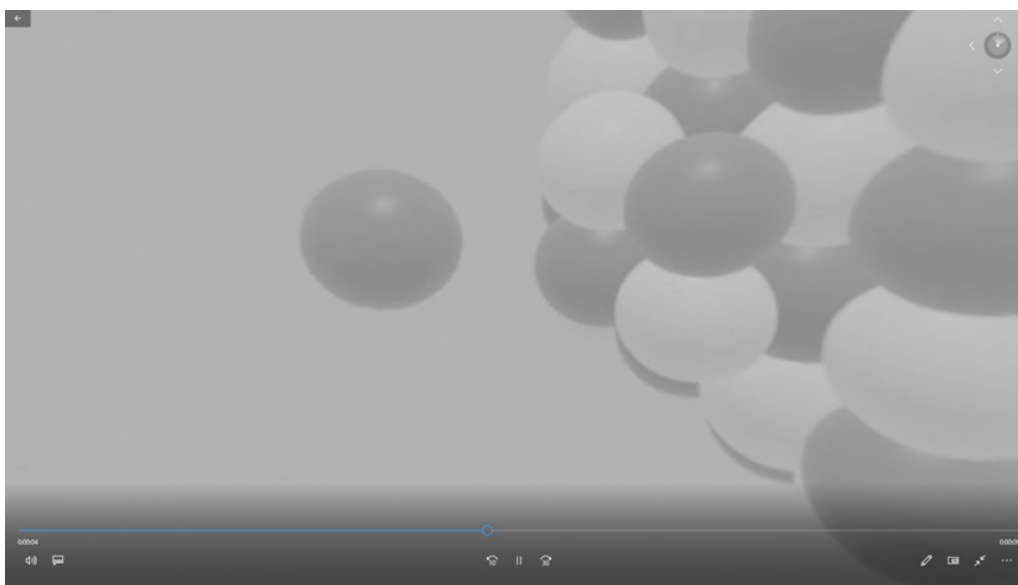


Рисунок 8 – Четвертый этап создания видео экскурсии

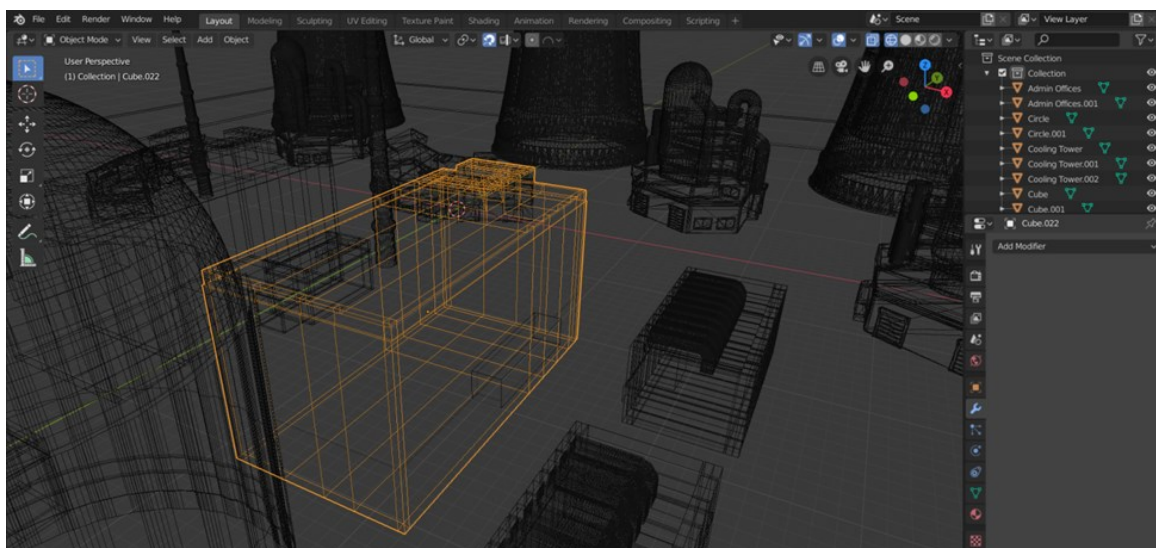


Рисунок 9 – Пятый этап создания видео экскурсии

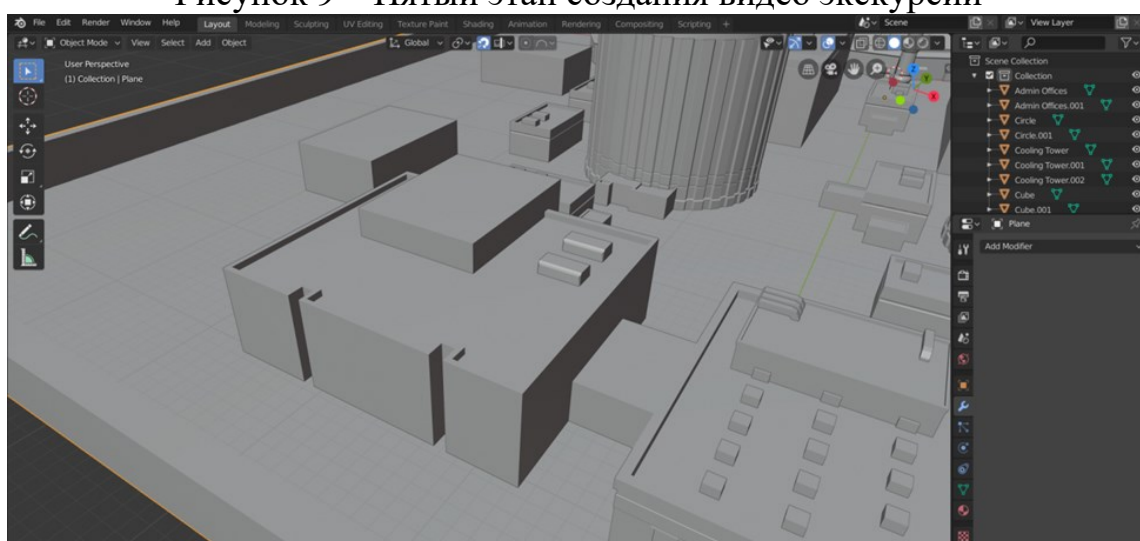


Рисунок 10 – Панорама АЭС

Результат работы по выполнению этого конвергентного задания по физике, лег в основу публично защищенного проекта «Экскурсия по современной АЭС» и стал основой организации членами временного творческого коллектива работы по пропедевтики физических знаний у учащихся младших классов.

§5. Примеры конвергентных заданий

В данном разделе приведены конвергентные задания, выполненные учащимися «Лицея 142 г. Челябинска на базе Лицейского коворкинга в период с 2020 по 2005 год.

1. Мобильные роботы на маневровом шасси

Цель: разработать алгоритм синхронизации мотора робота с использованием обратной связи по датчику угла поворота вала мотора (энкодера).

Задачи:

1. Изучить особенность работы шасси мобильного робота в зависимости от угла поворота валов моторов в количестве трех и более штук.
2. Выявить зависимости между скоростью вращения моторов и показаниями энкодеров на моторах шасси мобильного робота.
3. Разработать алгоритм синхронизации моторов исходя из выявленных зависимостей.
4. Проверить работу полученного алгоритма с использованием собранного мобильного робота.
5. На основе проведенного исследования предложить рекомендации по синхронизации мотора робота с использованием обратной связи по датчику угла поворота вала мотора.

Мобильные роботы применяются там, где нужно сделать универсальное производство и не целесообразно применять конвейер.

Для создания маневровых шасси используют всенаправленные колеса или колеса Mecanum (рис. 11).

Шасси мобильного робота с применением этих колес имеет множество конфигураций. Некоторые из них представлены ниже.

Шасси с тремя всенаправленными колесами. Данное шасси позволяет роботу двигаться в восьми направлениях, не поворачивая всю конструкцию и строиться на трех электромоторах (рис. 12) [3].

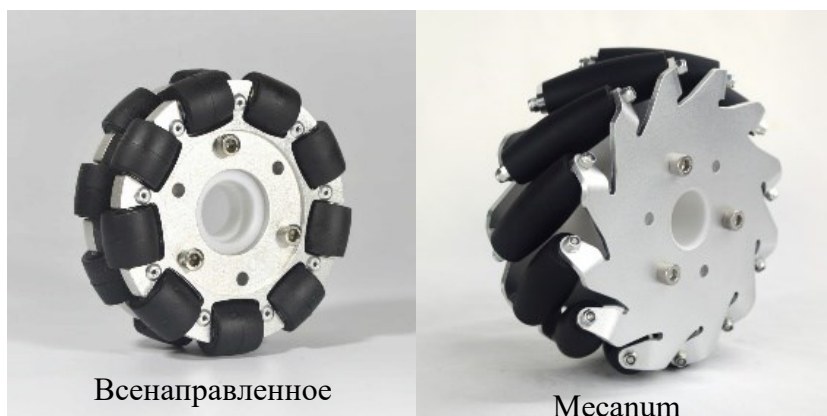


Рисунок 11. Всенаправленное и меканум колесо

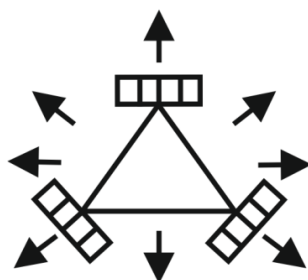


Рисунок 12. Шасси с тремя всенаправленными колесами и направления движения

Шасси с четырьмя всенаправленными колесами. Такая платформа позволяет двигаться роботу без поворотов в восьми направлениях и является более устойчивой (рис. 13) [3]. Использует четыре мотора.

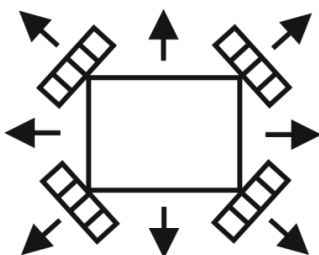


Рисунок 13. Шасси на четырех всенаправленных колесах и основные направления движения

Существуют и другие конфигурации, с большим числом всенаправленных колес. Колеса в этих конфигурация располагаются таким образом, что ро-

бот имеет приближенную к кругу форму. Добавляя новое колесо, мы будем увеличивать количество направлений движения робота.

В свою очередь шасси на колесах Mecanum имеют только одну конфигурацию и восемь направлений движения (рис.14). В данном варианте конструкция проста в сборке. Так как нет необходимости располагать электромоторы под углом к раме [3].

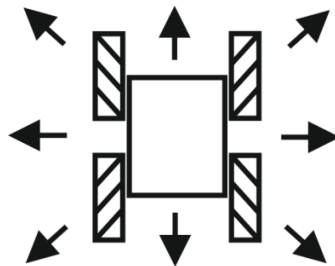


Рисунок 14. Шасси на четырех колесах Mecanum и основные направления его движения

Для того чтобы заставить подобные шасси мобильных роботов двигаться ровно без отклонения от курса необходим алгоритм который заставит моторы подстраиваться друг под друга.

Для выявления зависимости между скоростью вращения моторов и показаний датчика угла поворота вала моторасобирают шасси мобильного робота с четырьмя моторами и устанавливают на них всенаправленные колеса. Каждый из моторов снабжен энкодером. После чего приступают к написанию программы одновременного включения моторов с последующим измерением данных с датчиков вращения.

Тестируют ход робота несколькими пробными пусками на полигоне, поверхность которого представляла собой ровный пол. В ходе данных тестовых пробна полигоне собирают данные с датчиков и проводят наблюдения за правильностью курса мобильного робота. Периодически робот отклонялся от основного вектора движения. Показания с датчиков при тестовом режиме работы робота представлено в таблице 4.

Таблица 4– Показания энкодеров

encoder	indications
1	213
2	200
3	207
4	209

Анализ таблицы показывает, что в момент отклонения один из моторов проезжал большее расстояние (вал провернулся на больший угол). Что в свою очередь отклоняло робота от заданного курса. Такие отклонения в показаниях энкодеров встречались с периодичностью 1 раз в 3-10 секунд. При этом убежал в перед не только 1 энкодер, но и 3,4. Иногда это было сразу несколько энкодеров.

Таким образом, чем больше было отклонение робота от заданного курса, тем больше была скорость вращения некоторых моторов и большее значения с датчиков угла поворота, которые мы получали в режиме реального времени. В разный момент времени разные моторы начинали двигаться быстрее остальных.

Анализ наблюдения за движением мобильного робота и показаний энкодеров, позволил сделать вывод о том, что при наладке программного обеспечения движения робота необходимо определять какой мотор, двигается быстрее всех. Для этого используется массив, куда записываются текущие показания энкодеров (таблица 5).

Таблица 5 – Массив с данными показаний энкодеров

index	encoder	indications
0	1	217
1	2	202
2	3	210
3	4	205

Данный массив отображает данные только в единичный момент времени (на текущей итерации цикла работы программы). В нем, количество моторов определяет количество строк. При наличии трех моторов – строк три, если мо-

торов восемь, то строк тоже восемь.

Далее аппаратными средствами программного обеспечения, в нашем случае LabView, необходимо определять какой из моторов двигается быстрее всех (это мотор с самыми большими показателями энкодера). Из полученного массива, программа выяснила, что это encoder 1. Далее записывают данные encoder 1 в переменную Maxencoder и вычислять *error* (ошибку-разность) для каждого мотора относительно самого быстрого (encoder 1).

Для достижения цели использовалась платформа с четырьмя моторами, вычисление ошибки в программе в этом случае выглядит следующим образом:

$$error1 = Maxencoder - encoder1;$$

$$error2 = Maxencoder - encoder2;$$

$$error3 = Maxencoder - encoder3;$$

$$error4 = Maxencoder - encoder4$$

Как вы уже заметили у нас получилось четыре *error*, это означает, что для каждого мотора мы будем вычислять свое добавочное воздействие *U*, которое необходимо для того, чтобы убегающий вперед мотор замедлить, а остальные ускорить. Для этого используем формулу пропорционального регулятора [7]:

$$U = K_p * error,$$

Где K_p – это коэффициент пропорциональности, позволяющий увеличивать или уменьшать добавочное воздействие *U*. Вычислим добавочное воздействие для каждого из моторов шасси нашего мобильного робота:

$$U1 = K_p * error1;$$

$$U2 = K_p * error2;$$

$$U3 = K_p * error3;$$

$$U4 = K_p * error4$$

Далее к скорости моторов которые отстают от максимального добавляем полученное *U*, а у мотора который двигается быстрее всех отнимаем эту *U*. Математические данные формулы выглядят следующим образом:

$$V1 = V - U1;$$

$$V2 = V + U2;$$

$$V3 = V + U3;$$

$$V4 = V + U4,$$

V1-V4 скорости которые в конечном итоге подаются на моторы.

Важно помнить, что все указанные нами математические операции выполняются в рамках одной итерации цикла внутри программы движения робота по заданному курсу. Поэтому на следующей итерации цикла, Maxencoder может измениться (убегать вперед может другой мотор), например, им станет encoder 3. Для того чтобы регулятор верно отработал при смене Maxencoder, необходимо прописать условие выбора действия (замедлять или ускорять мотор). Например, если $encoder = Maxencoder$, то $V-U$, иначе $V+U$.

Таким образом, робот будет ускорять отстающие моторы и замедлять мотор, убегающий вперед. Это позволит роботу двигаться ровнее и без особых отклонений от курса.

Общий вид алгоритма, реализованного программными средствами LabView представлен на рисунке 15.

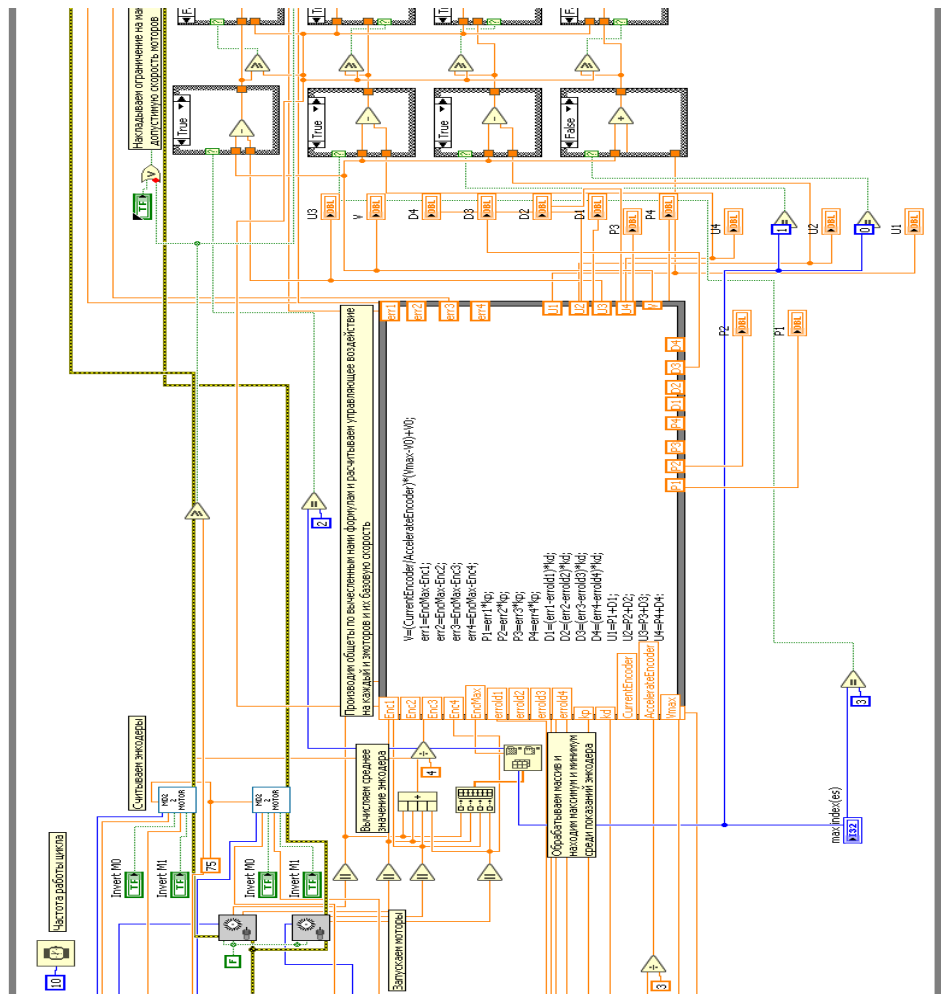


Рисунок 15. Программа синхронизации трех и более моторов шасси мобильного робота

2. Беспилотная мусорная машина

Цель: создать модель беспилотной мусорной машины.

Задачи:

1. Изучить способы повышения маневренности шасси для беспилотных машин и на этой основе провести разработку конструкции повышенной маневренности беспилотной мусорной машины.
2. Выбрать платформу, для реализации электромеханической составляющей модели.
3. Подобрать материалы для дополнительных элементов беспилотной мусорной машины.
4. Сконструировать беспилотную мусорную машину.
5. Разработать управляющую программу.

6. Проверить работу управляющую программу с использованием собранной беспилотной мусорной машины.

Все виды автомобильного транспорта, прежде всего беспилотные, ориентированные на эксплуатацию без водителя. Также к этой категории относятся специальные машины, роботизированные частично, например, способные двигаться без участия водителя в составе колонны или на длинных участках шоссе без выполнения маневров, т.е. сохраняя полосу движения и заданную скорость с учетом внешней среды. Или полностью автономные, способные самостоятельно передвигать и выполнять разного рода задачи, например, сбор мусора в жилых зонах города и его вывоз на перерабатывающий завод.

Функции беспилотной мусорной машины проявляются в том, что она должна быть в состоянии:

- перемещаться в автономном режиме и режиме телеуправления внутри жилой зоны, заставленной автомобилями;
- обладать возможностью считывания окружающей ее обстановки;
- быть в состоянии загружать мусор из контейнеров в свой кузов;
- быть в состоянии перевозить мусор из точки А в точку Б;
- быть в состоянии выгружать мусор из кузова на перерабатывающий завод.

Собирается конструкция беспилотной мусорной машины с использованием конструктора TETRIX, что обеспечивает жесткость конструкции. В тоже время элементы данного конструктора легко могут быть соединены с самодельными деталями.

В качестве контроллера могут быть использованы: LegoMindstormsEV3, ArduinoUno и myRIO компании NationalInstruments. Выбор остановился на LegoMindstormsEV3 так как он позволяет подключать все необходимые электродвигатели и сенсорные системы. А также использует графический язык программирования LabVIEW, который в свою очередь является промышленным языком программирования мобильных роботов.

Детали для создания шасси мусорной машины и системы захвата мусорного контейнера были рассчитаны и сделаны с помощью 3D печать.

Разрабатывая конструкцию модели мусорной машины необходимо понимать физическую основу, позволяющую ей выполнять свои функции. Жизнеспособность модели мусорной машины проверяется на ряде тестов. Оптимальный вариант шасси для беспилотной мусорной машины приведен на рисунках 16 – 19.

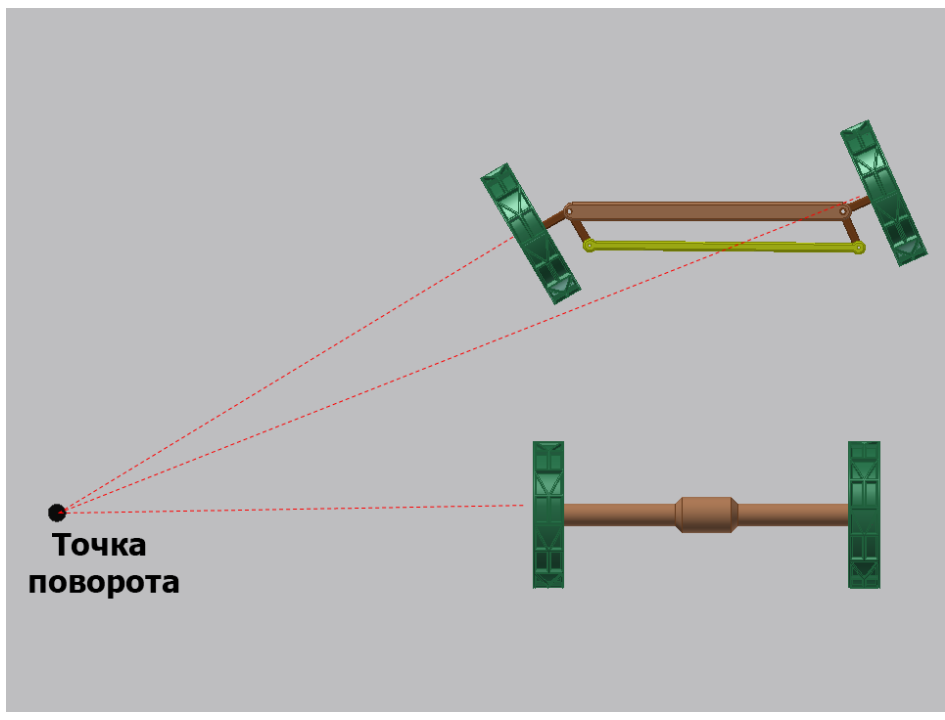
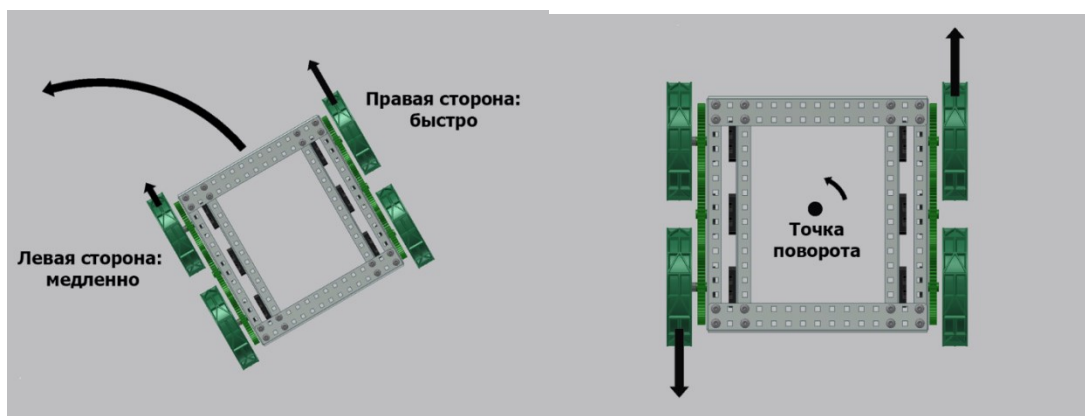


Рисунок 16. Рулевое управление Аккермана



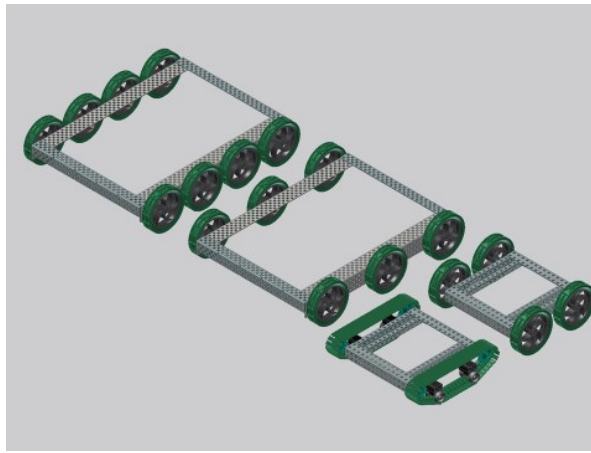


Рисунок 17. Однороторное управление беспилотными транспортными средствами

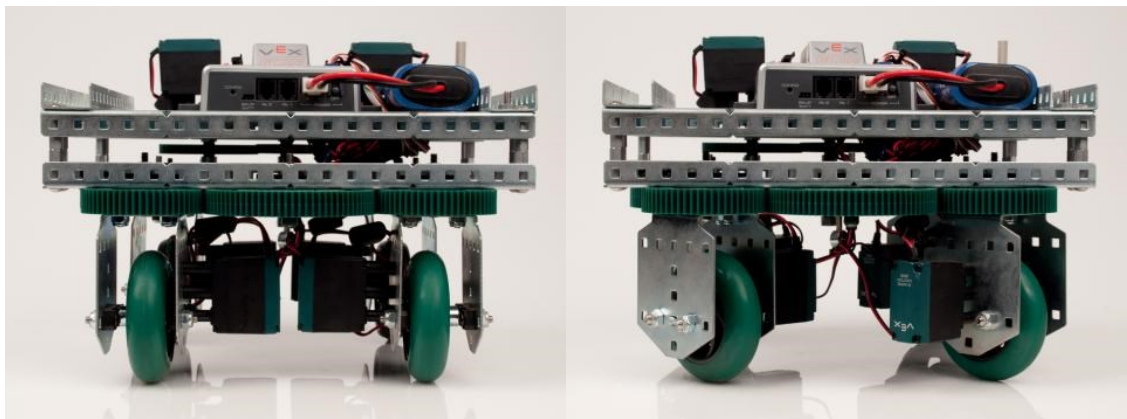
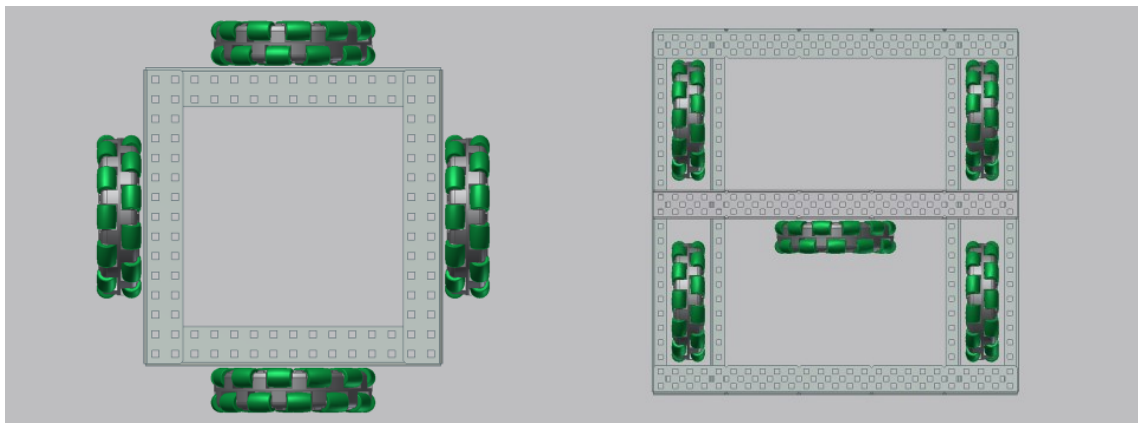


Рисунок 18. Машина с маневренным управлением



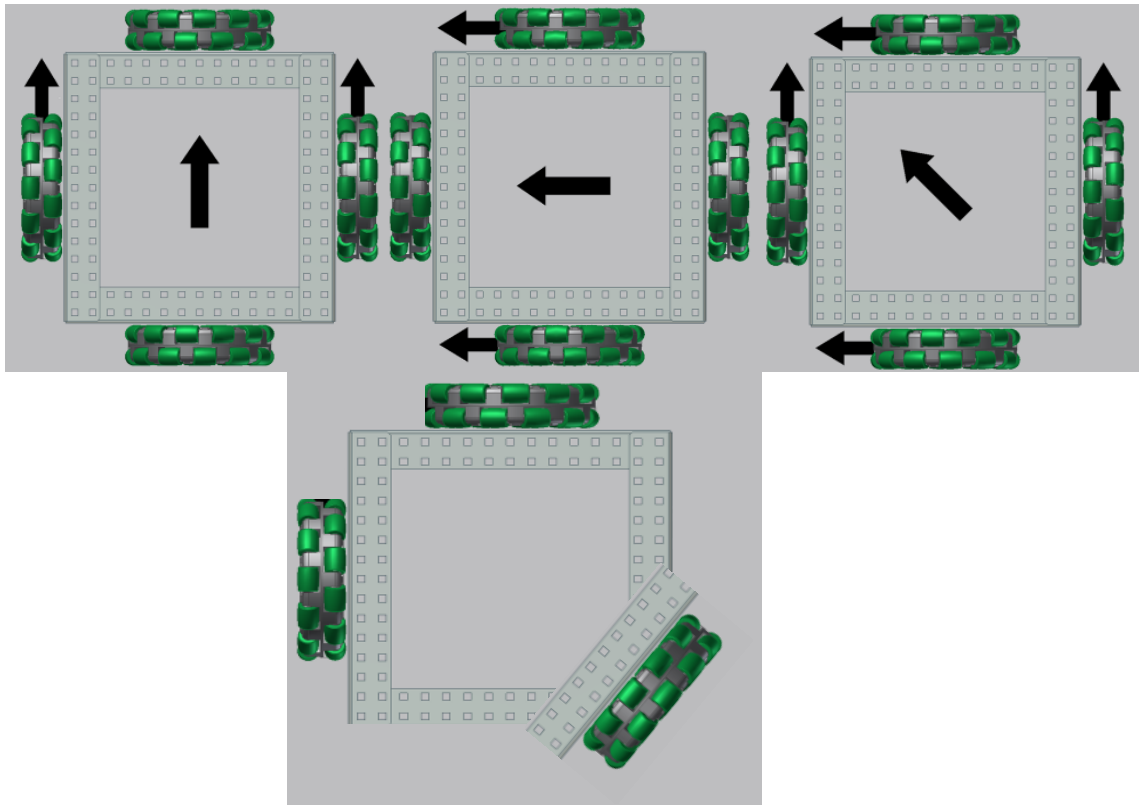


Рисунок 19. Конфигурации шасси беспилотных мобильных транспортных средств со всенаправленными колесами

Тестирование показало, что оптимально использовать ромбовидную конструкцию с голономным приводом и всенаправленными колесами (рис. 20).

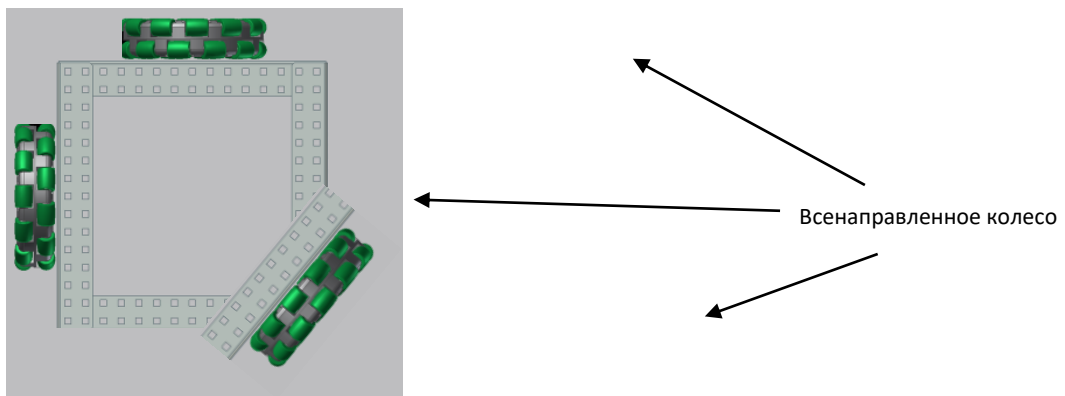


Рисунок 20. Схема ромбовидной конструкции с голономным приводом

Данный вариант обеспечивает максимальную мобильность робота, благодаря голономному приводу, каждое колесо имеет свой собственный привод, вращение всенаправленных колес в определенной последовательности позволяет мусорной машине двигаться в любом направлении без совершения дополни-

тельных маневров (рис.21).

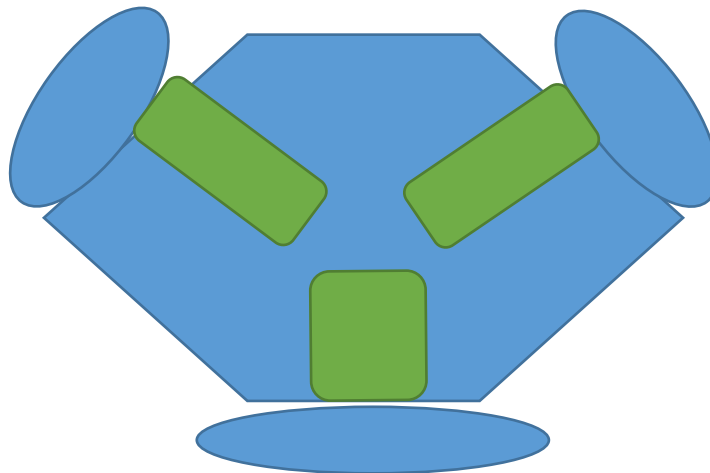


Рисунок 21. Схема ромбовидной конструкции с голономным приводом

В качестве манипулятора используется в конструкции линейный актуатор с цепным конвейером (рис. 22). Конструкция системы манипуляции с мусорным баком и мусором обеспечивает простоту и надежность. Применение линейного актуатора позволяет решить сразу несколько проблем:

1. Захват, подъем и опускание мусорного контейнера.
2. Перевозка мусора без перевозки контейнера.

Систему питания электроники было решено упаковать в гофру и промаркировать. Вся электроника, включая датчики слежения за окружающей обстановкой и контроллер мусорной машины были расположены по ее периметру.

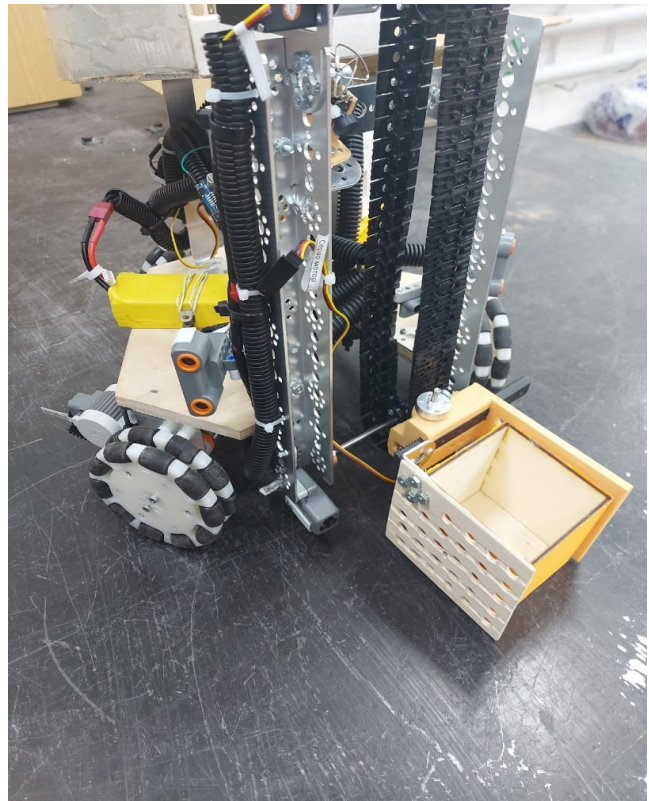
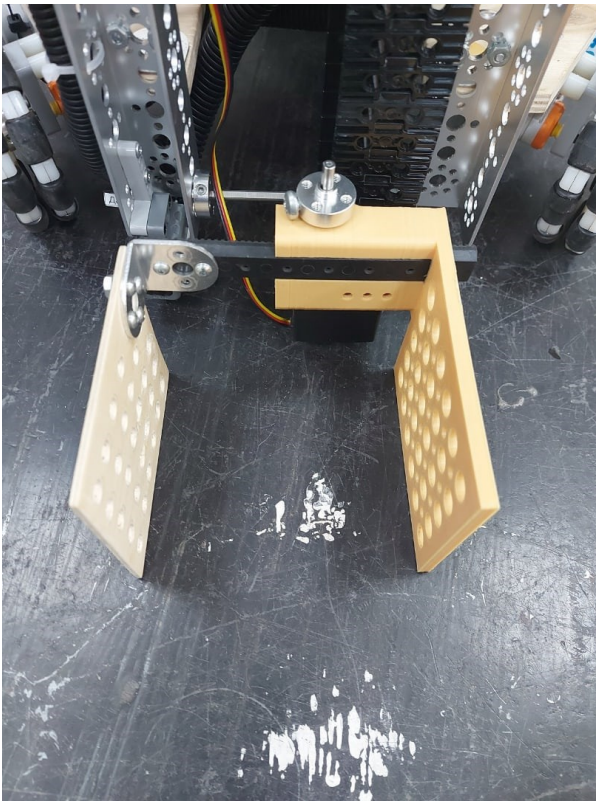


Рисунок 22. Манипулятор беспилотной мусорной машины

В процессе доводки качества мусорной машины возможна замена компоненты LEGO на металлические и создания полноценного закрытого корпуса машины, а также электроники машины на Arduino-совместимую.

Такие машины могут снизить расходы компаний, занимающихся вывозом мусора с жилых зон города, увеличить скорость их работы и очистить город от свалок.

3. Система детекции и трекинга малых беспилотных летательных аппаратов средствами городских систем видеонаблюдения

Цель: создание системы детектирования и трекинга малых беспилотных летательных аппаратов средствами городского видеонаблюдения.

Задачи:

1. Изучить физические принципы работы городских камер видеонаблюдения и особенности движения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

2. Разработать эффективные алгоритмы обнаружения и классификации малых БПЛА на видеопотоках с городских камер.

3. Применить методы трекинга (отслеживания) обнаруженных БПЛА для определения их траекторий движения.

4. Обеспечить совместимость и интеграцию алгоритмов детекции и трекинга в инфраструктуру видеонаблюдения.

5. Осуществить сбор и аннотирование обучающих данных (видеозаписей) для тренировки алгоритмов детекции и трекинга.

6. Создать масштабируемое программное обеспечение, реализующее алгоритмы детекции и трекинга БПЛА.

Распознавание образов может выполняться с использованием либо традиционных методов обработки изображений, либо современных сетей глубокого обучения.

Традиционные методы обработки изображений, как правило, не требуют исторических данных для обучения и по своей природе неконтролируемы. В этих методах используется довольно популярная библиотека с набором всех необходимых инструментов для обработки изображений –OpenCV.

А методы современных сетей глубокого обучения зависят от контролируемого или неконтролируемого обучения, при этом контролируемые методы являются стандартом в задачах компьютерного зрения. Производительность ограничена вычислительной мощностью графических процессоров. Обнаружение объектов с помощью глубокого обучения значительно более устойчиво к окклюзии, сложным сценам и сложному освещению. Но требуется огромное количество обучающих данных; процесс аннотации изображений является трудоемким и дорогостоящим.

Сегодня обнаружение объектов глубокого обучения широко признано исследователями и используется компаниями, занимающимися компьютерным зрением, для создания коммерческих продуктов.

В открытых источниках представлены три набора данных подходящих для

обучения ИИ детектированию и трекингу малых БПЛА в поле зрения фото или видео камеры расположенной в городе и передающей данные в городской центр контроля:

1. Набор данных БПЛА, созданный MehdiOzel в 2019 г. и опубликованный наKaggle. Этот набор данных состоит из 1359 изображений дронов и аннотаций к ним (txt, xml). Размер набора данных составляет 725.28 Мбайт.

2. Набор данных Amateur Unmanned Air Vehicle Detection опубликованный наMendeley Data. Этот набор данных содержит около 4500 изображений любительских дронов. Размер набора данных составляет 157 Мбайт.

3. Набор данных с конкурса «Birds-vs-Drones». Содержит 104426 аннотированных изображений беспилотников.

В таблице 6 отображена статистика по количеству беспилотников разного размера в общедоступных наборах данных. Размеры изображений в датасетах 1920×1080 px.

Таблица 6 – Количество полученных данных рассортированных по размеру БПЛА

Площадь БПЛА на изображении, px	Количество БПЛА, публичный набор данных	Количество БПЛА, авторский и публичный набор данных	Размер БПЛА, px
[1, 10]	3534	73321	~3x3
(10, 50]	17977	149012	~5x5
(50, 100]	17463	56254	~10x10
(100, 500]	50934	114019	~22x22
(500, 1000]	10086	16590	~100x100
>1000	10291	17898	>100x100
<i>Итого</i>	<i>110285</i>	<i>427094</i>	

Анализ данных таблицы 6 показывает, что в общедоступных наборах данных содержится значительное количество изображений беспилотных летательных аппаратов, размеры которых превышают 1000 пикселей. Это говорит о том, что данные изображения не подходят для одной из наших задач – определения малых БПЛА. Чтобы повысить точность и качество работы модели искус-

ственного интеллекта, необходимо расширить существующий набор данных, создав собственные обучающие изображения. Для этого записываются видеоролики с движением малых БПЛА, которые летали в разных условиях – как в городах, так и в сельской местности, при различных погодных условиях (снег, дождь, облачность, солнечная погода и т.д.) и на разных расстояниях от камеры.

Выборка состояла из 13 записей общего объема видеоматериала – 19 часов. Для обеспечения разнообразия в съемках используются две камеры: NIKVISION HiWatch (модель DSI200 (C) 2.8 mm и DSI200 (B) 4mm), обе с частотой 25 кадров в секунду и разрешением 1920x1080 px. В проекте функционировали три модели дронов: ZALAZ-16 VTOL, DJI Mini 2 FlyMore Combo и DJI Phantom 4 Pro. Далее. С помощью Python-скрипта, данные аннотируются в XML-формате и разбиваются на кадры. В 3 столбце таблицы 6 показано, как изменилось распределение дронов по размерам в общем наборе данных, количество малых БПЛА возросло за счет внесения данным, полученных в процессе выполнения этого задания.

Выбор вида модели детекции и архитектуры искусственного интеллекта для обучения связан с существованием двух видов моделей детекции в искусственном интеллекте:

1. Двухэтапные (two-stage) детекторы. Из названия модели можно сделать вывод что такая детекция происходит в два шага. Сначала выделяются части изображения, которые могут представлять интерес для последующего анализа и обработки данных (regionsofinterest, ROI). После уже на втором шаге выделенные части изображения проходят анализ классификатором, который определяет принадлежность к заданными нами классами и регрессором, для уточнения более конкретного местоположения ограничивающих рамок.

2. Одноэтапные (one-stage) детекторы. Это метод, служит предсказыванием координат и характеристик (степень, класс, уверенность) выделенного набора ограничивающих рамок.

В решении задачи детектирования объектов в режиме реального времени

главным критерием выбора является скорость и точность обработки изображения. Исходя из критериев сравнения двух моделей детекции, выбираются одно-этапные, так как они быстрее по скорости.

Выбор модели связан с тем, что:

- она должна быть доступна к обучению на наших вычислительных мощностях.
- ее можно будет оценить по скорости и качеству на основе публичных наборов данных (MS COCO, PASCAL VOC).

Учитывая вышеизложенные критерии для модели будет использоваться архитектура детекторов семейства YOLO (YouOnlyLookOnce) и SSD(SingleShotDetector). Данная работа не посвящена описанию работы и рассмотрению принципов YOLO (YouOnlyLookOnce) и SSD (SingleShotDetector). На рисунках 23 и 24 графически показано как каждая модель обрабатывает и анализирует входное изображение.



Рисунок 23. Принцип работы модели SSD

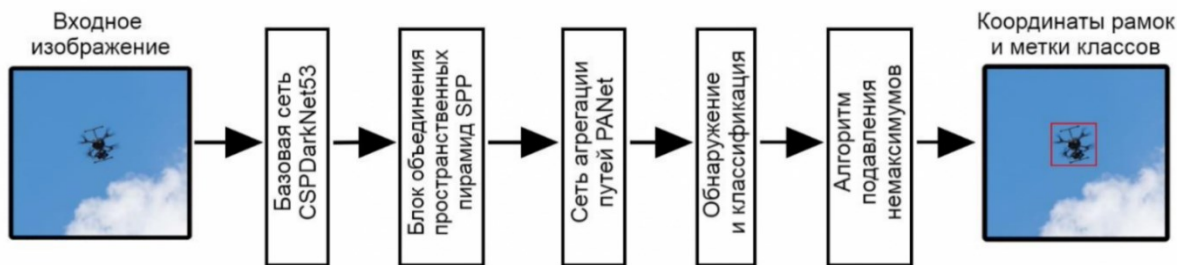


Рисунок 24. Принцип работы модели YOLO (на примере YOLOv5)

Так как модели из семейства YOLO сильно отличаются друг от друга, для более лучшей оценки выбираются несколько версий моделей – YOLOv5 (n, s, m),

YOLOv8 (n, s, m), GELAN-C и GELAN-E (модификации YOLOv9).

Обучение модели искусственного интеллекта

Для моделей YOLOv5 (n, s, m), YOLOv8 (n, s, m), GELAN-C и GELAN-E (модификации YOLOv9) изменялось входное изображение размером с 640 на 1280 px, чтобы мелкие детали можно было лучше определить предлагаемыми методами детекции.

Модель SSD проходила процесс обучения без изменений архитектуры с регуляризацией и созданием чекпоинтов (опорных точек) для того, чтобы предотвратить переобучение. Также были созданы и добавлены дополнительные слои и увеличили повторение слоев C2f (CrossStagePartialNetworkswithBottleneck) на разных уровнях пирамиды признаков. Для оптимизации модели произведется тюнинг гиперпараметров, заключающийся в том, что каждая из версий моделей YOLO обучалась с разными гиперпараметрами по 5 эпох. На рисунке 25 показан сгенерированный после тюнингования файл с наилучшими гиперпараметрами модели YOLOv8n. Каждая модель YOLO была обучена с учетом чекпоинтов и с размером батч пакета равным 32 [8].

```
# 150/150 iterations complete ✔
# Best fitness hyperparameters are printed below.

lr0: 0.00652
lrf: 0.00402
momentum: 0.90918
weight_decay: 0.00039
warmup_epochs: 3.44701
warmup_momentum: 0.70386
box: 7.82823
cls: 0.63425
df1: 1.40253
hsv_h: 0.0169
hsv_s: 0.67409
hsv_v: 0.19965
translate: 0.08151
scale: 0.4757
fliplr: 0.56036
mosaic: 0.9791
```

Рисунок 25. Гиперпараметры

Для определения эффективности детекций малых БПЛА на изображении выбранными моделями ИИ проходило тестирование после процесса обучения. Для этого были использованы метрики, а именно IoU, Precision, Recall, mAP@0.5 и mAP@0.5:0.95. Сравнение сначала проходили обученные модели внутри одной версии, следующим шагом – сравнение между разными версиями.

В таблице 7 представлены только результаты сравнения лучших моделей между версиями YOLO на валидационной выборке [2].

Таблица 7– Результаты сравнения эффективности разных моделей ИИ

Название модели	IoU	Порог уверенности	Precision	Recall	F1-мера	mAP@0.5	mAP@0.5:0.95
YOLOv5n	0,5	0,2	0,84	0,61	0,71	0,73	0,33
YOLOv8n	0,3	0,2	0,57	0,35	0,43	0,43	0,15
GELAN-C	0,25	0,3	0,71	0,31	0,43	0,50	0,19
SSD	0,3	0,3	0,53	0,44	0,48	0,36	0,12

Основываясь только на метриках F1-меры и mAP невозможно определить качество работы моделей, тем более на валидационной выборке. Поэтому для объективной оценки надо изучить качество детекции БПЛА на тестовой выборке. Результат такого сравнения представлен на графике (рис. 26).

На основе полученных данных мы видим, что наилучшая точность для малых БПЛА у модели GELAN-C, а полнота лучше у YOLOv8n. Если брать во внимание суммарный результат на тестовой выборке, то лучше с задачами справилась YOLOv8n. Поэтому она используется как основа – базовая модель, для создания системы детектирования и трекинга малых БПЛА в реальном времени.

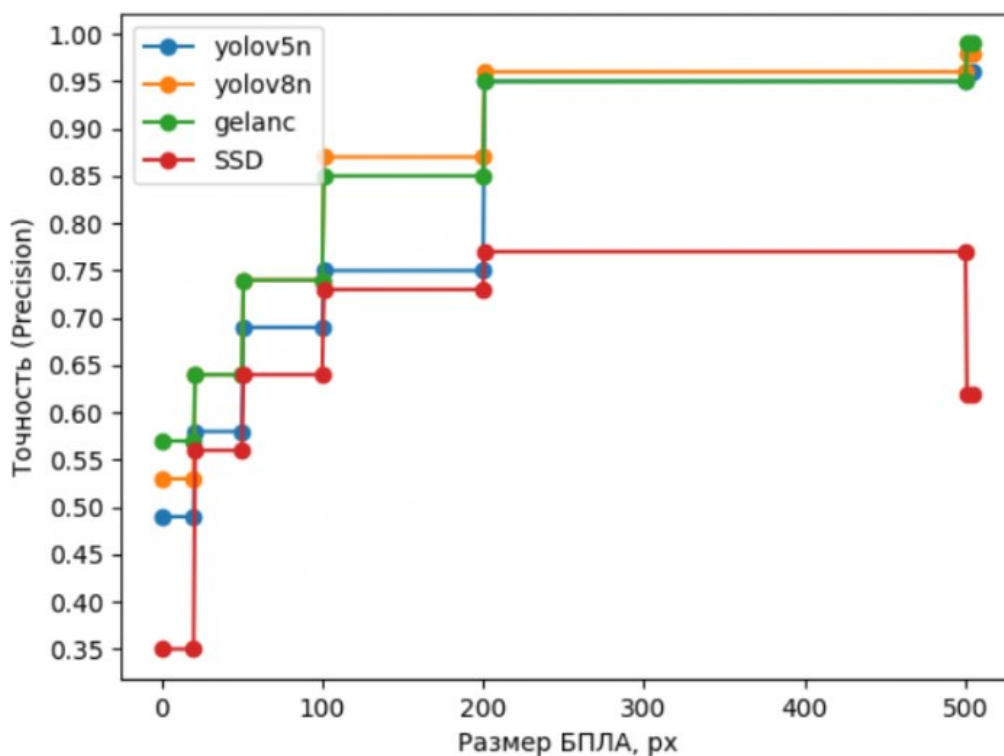
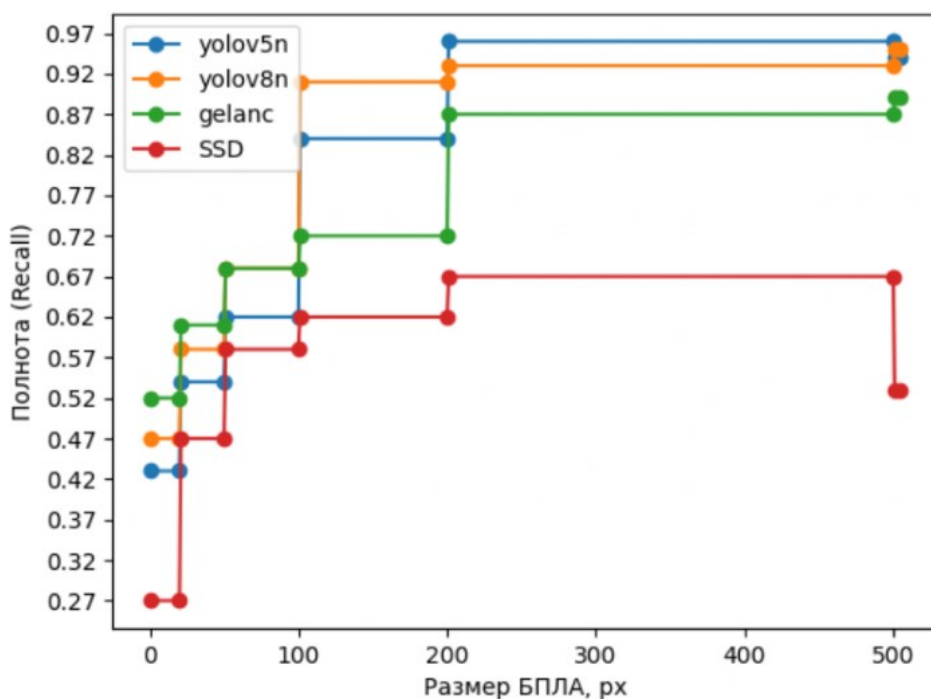


Рисунок 26. Сравнение точности и полноты моделей в зависимости от размера БПЛА

Представленная система детекции не идеальна, хотя в большинстве случаев она точно определяет небольшие беспилотные летательные аппараты на изображениях с видеокамер. В процессе тестирования были выявлены пробле-

мы в системе детекции и трекинга малых БПЛА и предложены возможные способы их устранения (таблица 8).

Таблица 8 – Проблемы в системе детекции и трекинга малых БПЛА и возможные способы их устранения

№	Проблемы в системе детекции и трекинга БПЛА	Способы устранения проблем
1	Плохая освещенность территории	В наборе данных должны присутствовать изображения БПЛА в инфракрасном режиме, а камеры должна быть оснащена поддержкой инфракрасного режима
2	Попадание в кадр только части БПЛА	Проблема пока не решается, т.к. ИИ однозначно определяет малый дрон при наличии не менее 70% БПЛА в кадре
3	Малый размер БПЛА	Разработанный модуль определяет БПЛА, который по размеру на кадре не меньше 7*7 px с точностью 83%. Снижения значения размера БПЛА точность детекции сильно снижается, так как достаточных признаков для определения БПЛА не хватает. Для решения возникшей проблемы необходима камера с оптическим зумом, чтобы увеличить размер отслеживаемого объекта.
4	Цвет БПЛА сливается с задним фоном	Решение связано с добавлением трекера, который определяет траекторию движения объекта в видеопотоке

Изучение трекеров с моделью ИИ позволило протестировать треке-ры ByteTrack, BotSORT, и DeepSORT (таблица 9) и выявить, что в видеозаписях и в режиме реального времени бывают ситуации, когда на соседних кадрах БПЛА детектируется прерывисто или совсем, не распознаются. Для устранения этого недостатка необходимо добавление трекеров, отслеживающих один и более объектов одновременно. Трекер это последовательная оценка размера, положения и ориентации объекта на нескольких подряд идущих кадрах.

Таблица 9 – Результаты тестирования трекеров

Размер БПЛА	BotSORT		ByteTrack		DeepSORT	
	Precision	Recall	Precision		Precision	Recall
[1, 20]	0,56	0,52	0,58	0,54	0,61	0,57
(20, 50]	0,67	0,59	0,69	0,61	0,69	0,63
(50, 100]	0,78	0,71	0,78	0,74	0,77	0,76
(100, 200]	0,89	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91
(200, 500]	0,97	0,93	0,96	0,95	0,97	0,96
>500	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,97
<i>Итого</i>	<i>0,74</i>	<i>0,67</i>	<i>0,78</i>	<i>0,74</i>	<i>0,82</i>	<i>0,78</i>

Анализ таблицы 9 показывает, что лучшие результаты у треке-

раDeepSORT, т.к. вне зависимости от размера БПЛА у него повысилась точность на 3-4 пункта и полнота на 4-5 пункта. Для обнаружения БПЛА в режиме реального времени был реализован алгоритм, представленный на рисунке 27.

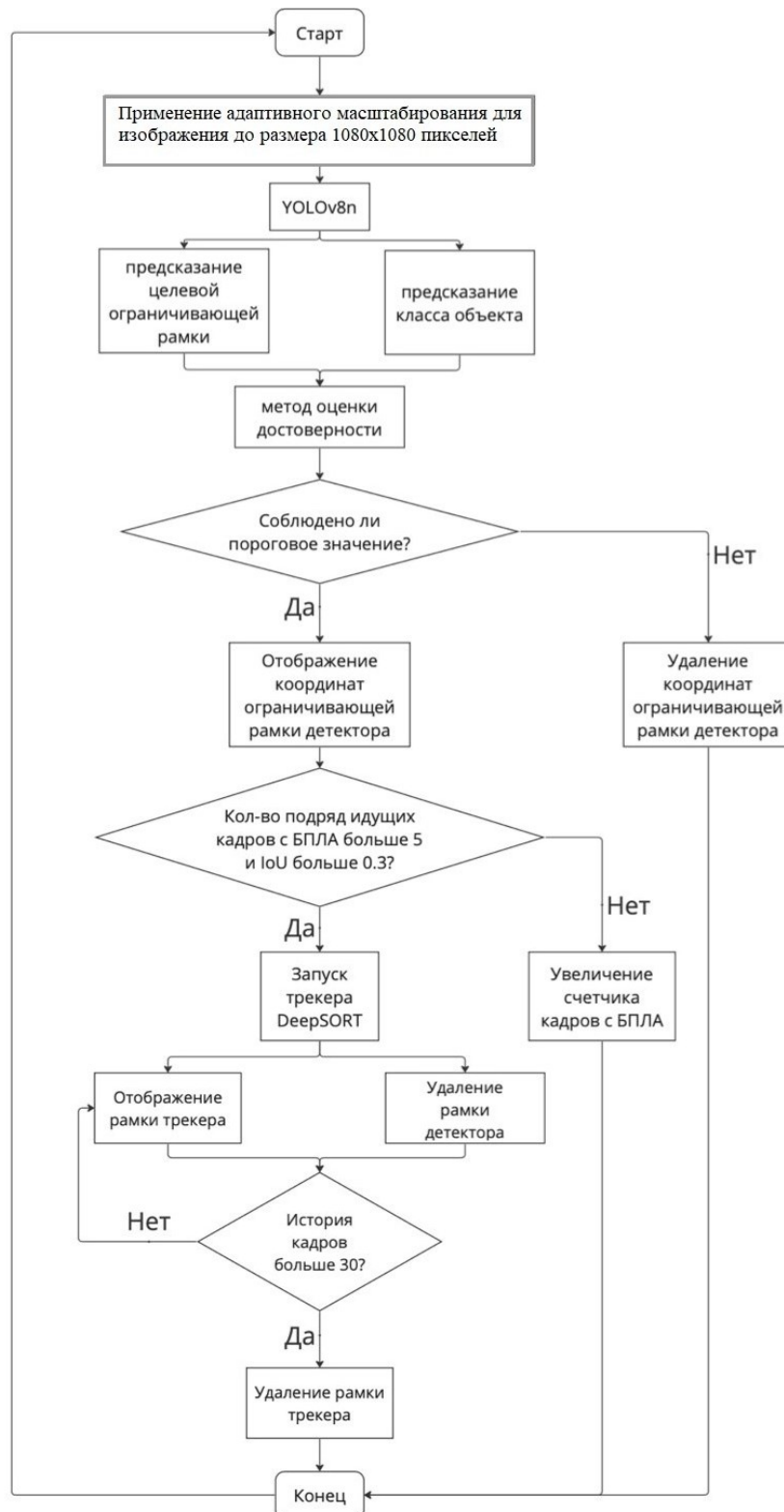


Рисунок 27. Алгоритм трекинга

Принцип работы алгоритма прост. Система получает на вход кадры с видеокамеры. После эти кадры подвергаются изменению размера до 1080*1080 пикселей, далее подаем их в нейронную сеть. Если значения класса объекта и координат рамки, предсказаны по методу достоверности меньше назначенного порогового значения достоверности, происходит удаление координат ограничивающей рамки детектора. Если наша модель успешно определила БПЛА на пяти или более подряд идущих кадрах со значением IoU больше 0.3, то запускается трекер. Трекер удаляет рамки детектора за счет чего отображаются координаты ограничивающей рамки трекера, а также маршрут беспилотника в видеопотоке. Если История кадров больше 30, то он удаляет рамки трекера.

В начале работы скорость обработки 1 кадра системой была, 150 мс (~6 фпс). Так было из-за того, что наибольшую часть времени обработки была отдана под детекцию объектов, скорость детекции обратно пропорциональна количеству БПЛА на изображении. Чтобы оптимизировать систему, модель YOLO пришлось адаптировать для работы на графическом процессоре и перевести в формат ONNX. А в конце работы скорость обработки одного изображения удалось сократить до 25-30 мс (~32 фпс).

В ходе выполнения конвергентного задания получен исходный код программы детектирования и трекинга малых БПЛА, который может быть интегрирован в городскую систему видеонаблюдения. Интеграция средств детекции и трекинга малых БПЛА с этими системами в текущей политической ситуации позволит использовать существующую инфраструктуру для более эффективного обеспечения безопасности граждан Российской Федерации, избегая необходимости дорогостоящего развертывания новых специализированных систем.

4. Имитационное моделирование поведения шасси мобильного робота на базе омни-колес

Цель: разработка имитационной модели поведения шасси мобильного робота на базе омни-колес.

Задачи:

1. Анализ конструктивных особенностей омни- колес.
2. Анализ конструктивных особенностей шасси на омни-колесах.
3. Кинематическая модель движения шасси на омни-колесах.
4. Динамическая модель движения шасси на омни-колесах.
5. Моделирование движения шасси средствами программного обеспе-

чения LabVIEW.

Омни-колеса или многонаправленные колеса были впервые разработаны и запатентованы в 1958 году инженером Джеральдом Барбером (Gerald Isenstadt Barber) из США.

Развитие омни-колес двигалось в следующей хронологии:

1958 год. Джеральд Барбер получил патент США №2,902,111 на «Многонаправленное колесо» (Omnidirectional Wheel). Это было первое описание конструкции омни-колеса с подвижными роликами, позволяющими движение в любом направлении.

1960-е годы. Концепция омни-колес начала активно применяться в промышленности, в основном для перемещения тяжелых грузов.

1980-е – 1990-е годы. Развитие робототехники и повышенный интерес к всенаправленной мобильности привели к дальнейшему совершенствованию конструкций омни-колес. Были разработаны более компактные, эффективные и надежные модели.

2000-е годы и далее. Омни-колеса стали широко использоваться в различных областях робототехники, логистики, транспорта. Их применение расширялось по мере развития управляющих систем и алгоритмов [28].

Конструкция Омни-колеса состоит из основного колеса, по окружности которого расположены небольшие прикатывающие ролики (рис. 28). Ролики могут свободно вращаться вокруг своих осей, обеспечивая движение в любом направлении. Основное колесо отвечает за движение в продольном направлении, а ролики – в поперечном.

Для управления платформой на омни-колесах необходимы сложные алгоритмы, учитывающие кинематику и динамику движения трех колес, так как требуется координация работы нескольких приводов для обеспечения плавного и точного управления движением (рис. 29).

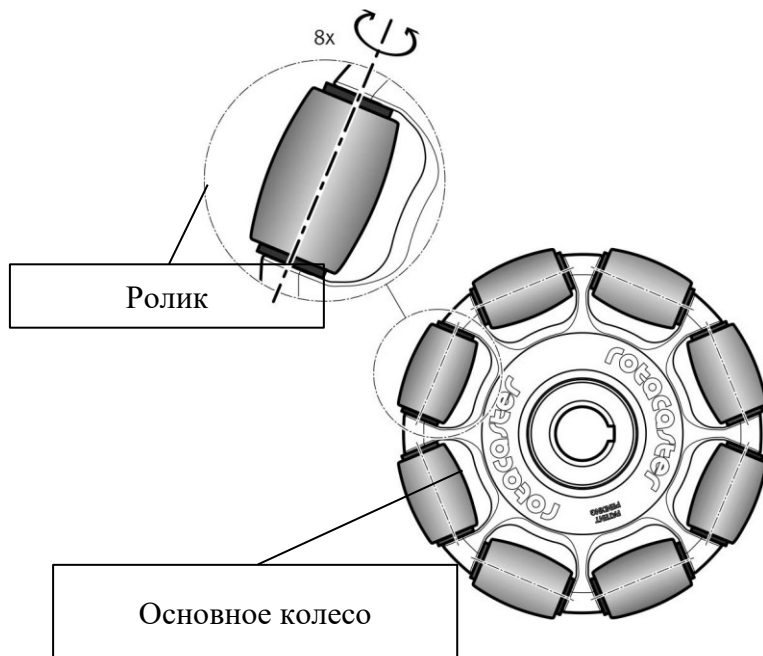


Рисунок 28. Конструкция омни-колеса

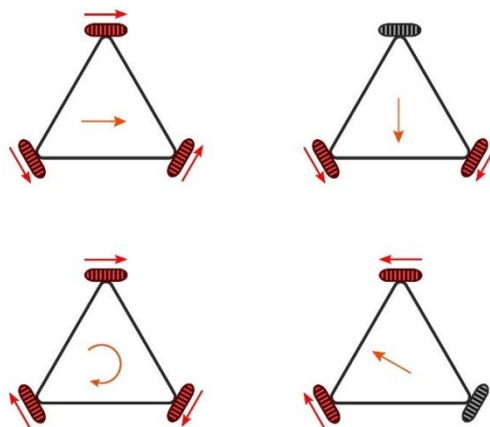


Рисунок 29. Особенности управления шасси на омни- колесах для трех колес

Шасси на омни-колесах имеют ряд уникальных особенностей и преимуществ по сравнению с традиционными колесными шасси (рис. 30). Омни-колеса оснащены дополнительными маленькими роликами, расположенными

по окружности основного колеса. Это позволяет шасси двигаться в любом направлении, включая боковое и диагональное, без необходимости разворачиваться. В свою очередь, благодаря всенаправленному движению, шасси на омни-колесах могут разворачиваться на месте и огибать препятствия с минимальным радиусом поворота. Подобная маневренность особенно важна в ограниченных пространствах, таких как склады, магазины, производственные линии.

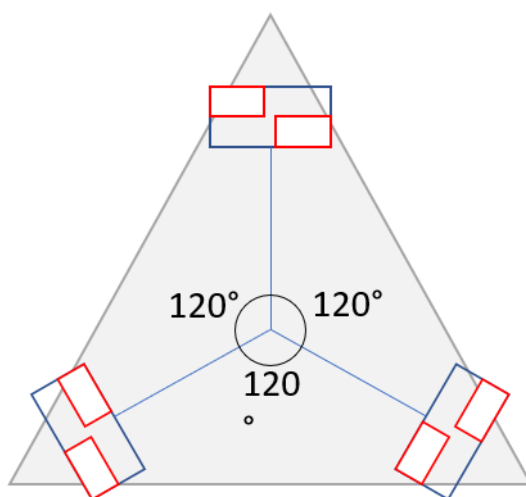


Рисунок 30. Особенности конструкции шасси на омни-колесах

Небольшие дополнительные ролики обеспечивают плавное движение шасси, в том числе при проезде через неровности, а это повышает комфорт и сохранность груза при транспортировке. А из-за большего количества контактных точек с опорной поверхностью, нагрузка равномерно распределяется по всем колесам. Что позволяет перевозить более тяжелые грузы, снижая риск повреждения пола или попадания в колею. Конструкция омни-колес компактна, что позволяет создавать небольшие, но маневренные шасси. Такие шасси могут применяться для перемещения различных грузов и в разных средах.

Благодаря вышеперечисленным преимуществам, шасси на омни-колесах широко используются в мобильной робототехнике, специальных транспортных средствах и других областях, где требуются высокая маневренность и всенаправленность движения.

Кинематическая модель движения шасси на омни-колесах основана на принципе всенаправленного движения, обеспечиваемого конструкцией омни-колес, базируется на:

1. Декартовой системе координат. Положение шасси описывается в декартовой системе координат (x, y) . Ориентация шасси определяется углом θ относительно оси X .

2. Кинематических уравнениях линейных скоростей V_x и V_y движения шасси по осям X и Y соответственно и угловой скорости вращения шасси вокруг вертикальной оси ω .

$$V_x = \frac{\sum(R_i \omega_i \cos(\theta_i))}{n}$$
$$V_y = \frac{\sum(R_i \omega_i \sin(\theta_i))}{n}$$
$$\omega = \frac{\sum(R_i \omega_i \sin(\varphi_i))}{n}$$

где R_i – радиус i -го колеса, ω_i – угловая скорость i -го колеса, θ_i – угол между осью X и осью i -го колеса, φ_i – угол между осью Y и осью i -го колеса, n – количество колес.

4. Связи скоростей V_x , V_y и ω между собой линейными уравнениями. Это позволяет вычислить требуемые скорости вращения каждого омни-колеса для достижения желаемого движения шасси.

5. Для обеспечения перемещения шасси в заданном направлении и с заданной ориентацией, необходимо управлять скоростями вращения каждого омни-колеса. Это реализуется с помощью электронной системы управления, получающей команды от контроллера.

Кинематическая модель позволяет прогнозировать и контролировать движение шасси на омни-колесах, что крайне важно для их эффективного использования в различных робототехнических и автоматизированных системах [9].

Динамическая модель движения шасси на омни-колесах учитывает динамику сил, действующих на систему (рис. 31). Она позволяет более точно опи-

сать реальное поведение мобильного робота и рассчитать необходимые приводные моменты для каждого колеса. Динамическая модель движения шасси на омни-колесах описывается уравнениями движения:

$$M \frac{dv}{dt} = \Sigma F_{xi}$$

$$I \frac{d\omega}{dt} = \Sigma M_{zi}$$

Где M – масса шасси, I – момент инерции шасси, v – линейная скорость центра масс, ω – угловая скорость шасси, F_{xi} – сила тяги i -го колеса вдоль оси X , M_{zi} – момент, создаваемый i -м колесом вокруг оси Z .

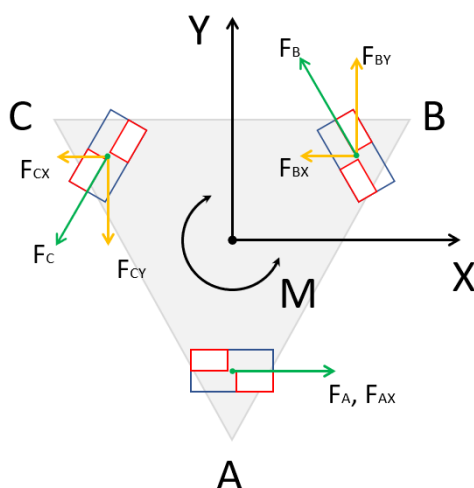


Рисунок 31. Динамическая модель движения шасси на омни-колесах

Силы и моменты, действующие на шасси:

$$F_{xi} = F_{ti} \cos(\varphi_i) - F_{rri} \sin(\varphi_i)$$

$$F_{yi} = F_{ti} \sin(\varphi_i) + F_{rri} \cos(\varphi_i)$$

$$M_{zi} = r_w (F_{ti} \sin(\varphi_i) + F_{rri} \cos(\varphi_i))$$

Где F_{ti} – сила тяги i -го колеса, F_{rri} – сила сопротивления качению i -го колеса, φ_i – угол наклона i -го колеса, r_w – радиус колеса.

Модель омни-колес:

$$V_{xi} = r_w \omega_i \cos(\varphi_i) + v_x \cos(\theta) - v_y \sin(\theta)$$

$$V_{yi} = r_w \omega_i \sin(\varphi_i) + v_x \sin(\theta) + v_y \cos(\theta)$$

Где V_{xi} , V_{yi} – скорости i -го колеса вдоль осей X и Y , ω_i – угловая скорость i -го колеса, v_x , v_y – компоненты скорости центра масс, θ – угол поворота шасси.

Управление приводами колес:

$$\tau_i = J_w \frac{d\omega_i}{dt} + b_w \omega_i + F_{ti} r_w$$

Где τ_i – требуемый момент на приводе i -го колеса, J_w – момент инерции колеса, b_w – коэффициент вязкого трения колеса.

Динамическая модель позволяет более реалистично моделировать движение шасси с учетом инерционных эффектов. Рассчитывать требуемые моменты на приводах колес для достижения заданного движения. Учитывать ограничения, связанные с характеристиками электрических двигателей и реализовывать более сложные алгоритмы управления, основанные на обратной связи по силам/моментам [9].

Сложность динамической модели зависит от требуемой точности и вычислительных ресурсов. Она является важным элементом при проектировании и управлении мобильными роботами на омни-колесах.

Для создания имитационной модели поведения шасси мобильного робота на базе омни-колес был выбран язык программирования LabVIEW с учетом:

1) визуализации программирования, т.к. LabVIEW использует графический язык программирования, что делает процесс разработки более интуитивным и понятным, а блок-диаграммы LabVIEW позволяют наглядно отображать логику моделирования, что упрощает понимание и отладку кода;

2) интеграции с аппаратными средствами, т.к. LabVIEW имеет обширную библиотеку драйверов для различных устройств, что облегчает интеграцию имитационной модели с реальным оборудованием (мобильными роботами), что позволит выполнять апробацию и тестирование модели в реальном времени;

3) больших возможностей моделирования, т.к. LabVIEW предоставляет мощные инструменты для имитационного моделирования, включая средства

для решения дифференциальных уравнений, анализа сигналов, визуализации данных и многое другое;

4) визуализации представления, т.к. фронтальная панель LabVIEW представляет собой интерактивное окно, где мы можем размещать различные элементы управления и индикаторы. Эти элементы могут включать в себя кнопки, переключатели, ползунки, графики, измерительные приборы и 3D модели. С любым элементом фронтальной панели пользователь может взаимодействовать в режиме реального времени, можно манипулировать объектами и вносить изменения в программу;

5) масштабируемости, т.к. LabVIEW позволяет создавать модели любой сложности, от простых систем до комплексных. Инструмент обладает достаточной производительностью для выполнения имитационного моделирования в режиме реального времени.

Таким образом, сочетание визуального программирования, интеграции с аппаратными средствами, богатых возможностей моделирования, быстрой разработки и кросс-платформенности делает LabVIEW весьма эффективным выбором для имитационного моделирования мобильных платформ с шасси на омни-колесах мы приступили к процессу моделирования поведения шасси.

Для создания имитационной модели движения мобильных платформ с шасси на омни-колесах в LabVIEW:

1. Инициализируют шасси на омни-колесах, начинают с создания «BundleByNameFunction» принимающего на себя такие параметры, как радиус колеса и механизм вращения и объединяющей их в кластер.

Создают три всенаправленных колеса в цикле «for» и всенаправленную рулевую раму, которая, с использованием кинематических и динамических уравнений, принимает массив объектов из функции колеса, а также массивы положения колес x, y, θ . В VI (виртуальный прибор, своего рода подпрограмма в LabVIEW) с мобильным роботом с шасси на омни-колесах применяется уравнение изменения координаты шасси в декартовом пространстве (рис. 32).

Создадим контур рулевого управления, который будет управлять перемещением мобильного робота на шасси с омни-колесами. Для этого напишем подпрограмму, которая применяет компоненты прямой, боковой и угловой скоростей к шасси, затем возвращает соответствующие значения скорости двигателя обратно (рис. 33). А после напишем VI для оценки скорости рулевой шасси на основе скоростей двигателей, полученных от текущих показаний скорости шасси (предыдущая часть кода), которая будет возвращать нам уже обновленные значения линейных и угловой скорости (рис. 34) [14].

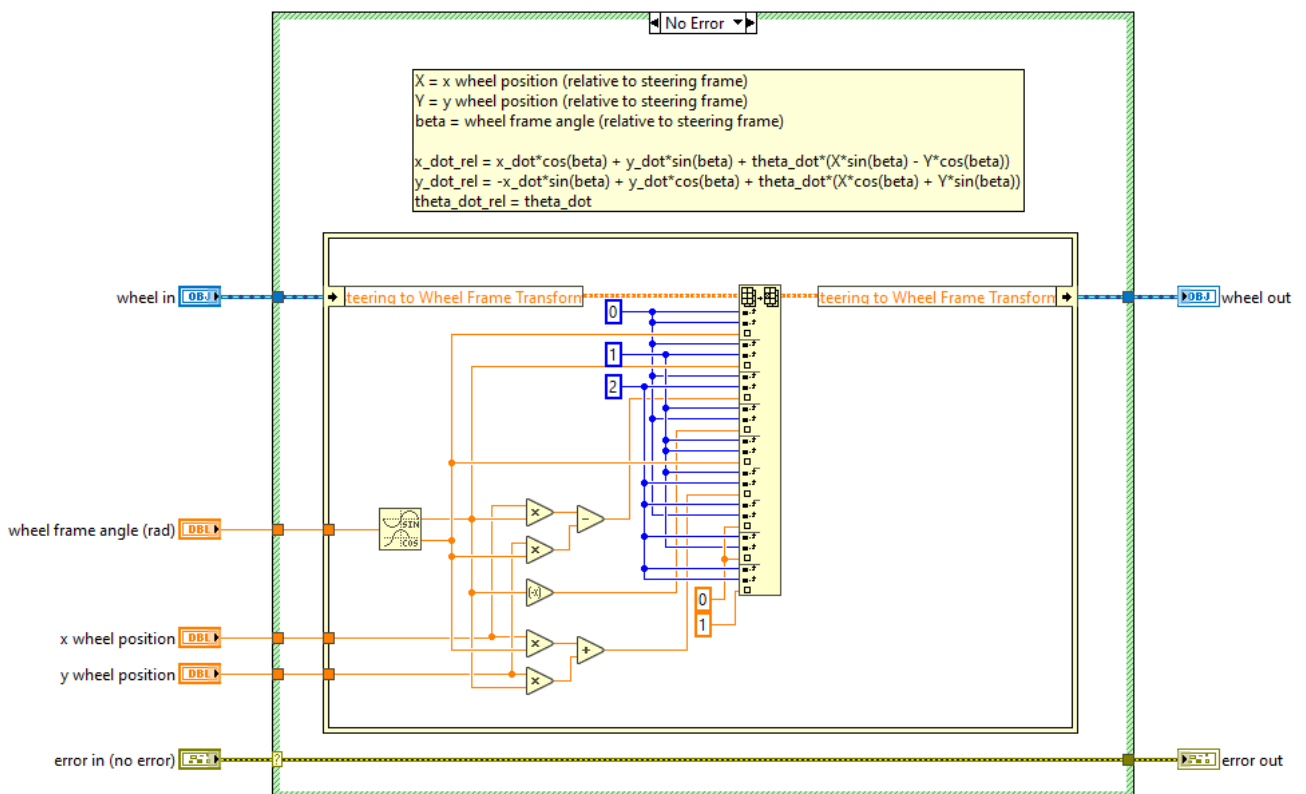


Рисунок 32. Уравнения изменения координаты шасси в декартовом пространстве в LabVIEW

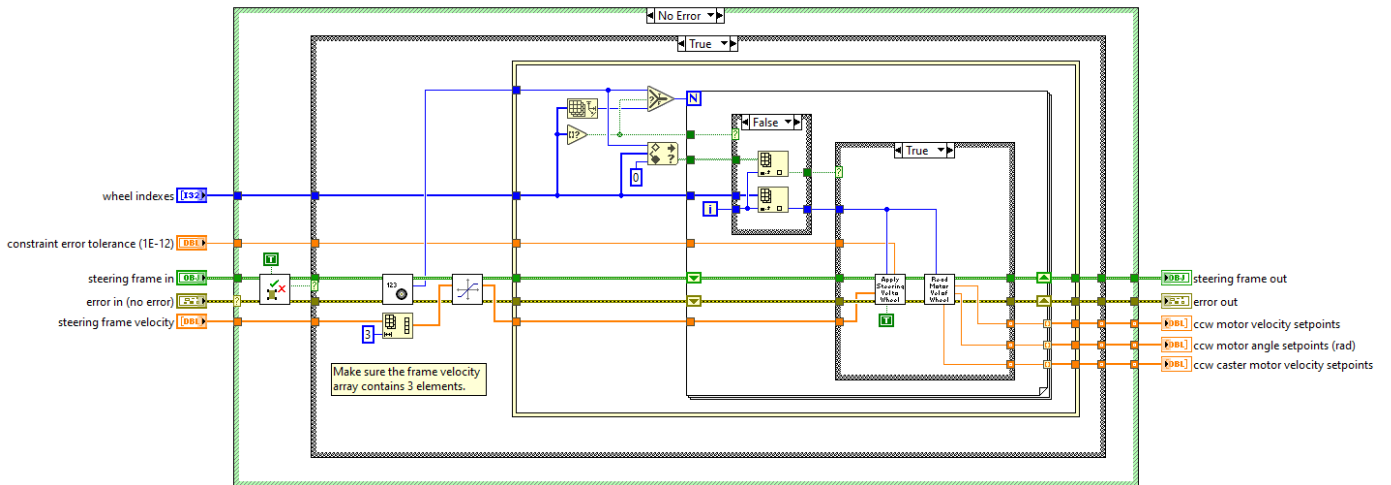


Рисунок 33. Подпрограмма, которая применяет компоненты прямой, боковой и угловой скоростей к шасси, затем возвращает соответствующие значения скорости двигателя обратно

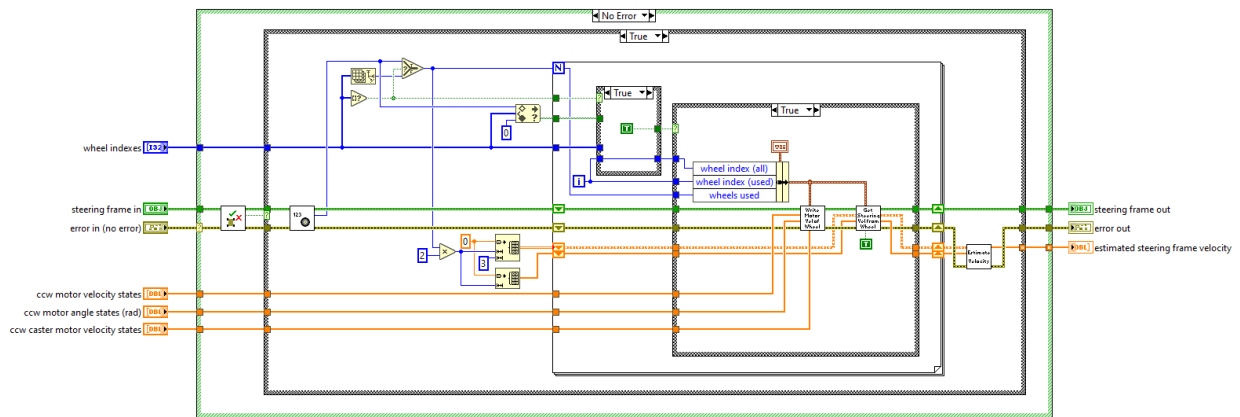


Рисунок 34. Оценка скорости оинт-шасси на основе скоростей двигателей

Имея данные о скорости робота и его положении в пространстве, можно смоделировать поведения шасси на омни-колесах в 3D. Для этого создается параллельный цикл симуляции, в который вводятся значения скорости двигателя из контура рулевого управления и применяются заданные значения скорости к модели шасси. Эта подсистема будет имитировать динамику шасси на омни-колесах (рис. 35).

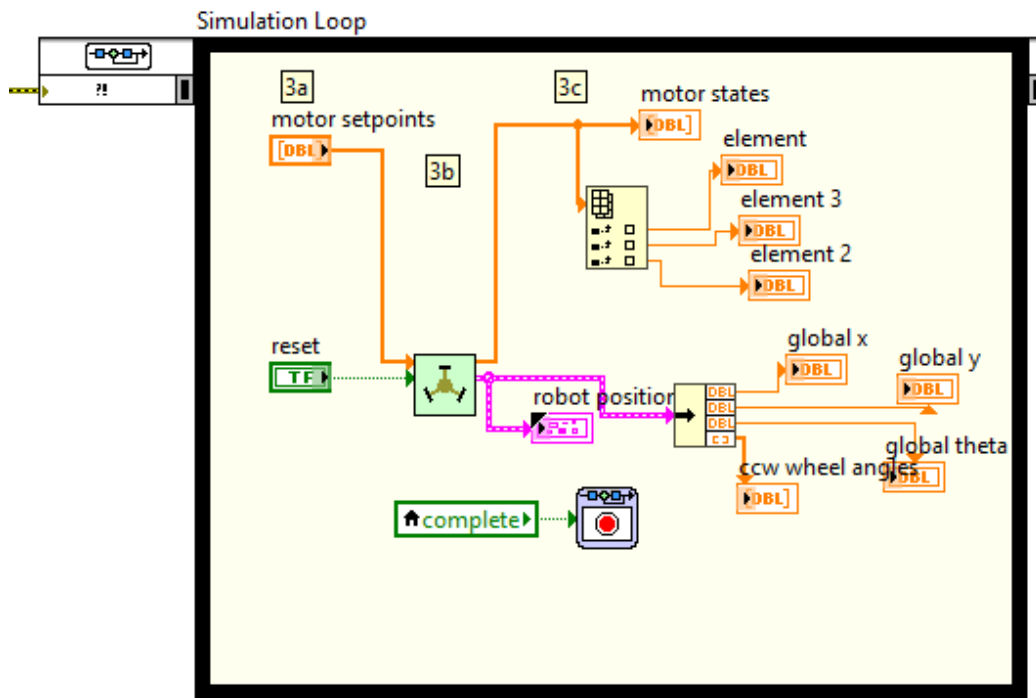


Рисунок 35.Имитация динамики шасси на омни-колесах

Создается цикл отображения, в котором инициализируем 3D модель шасси и считываются данные о положении робота на подсистемы моделирования и обновлять 3D модель (рис. 36).

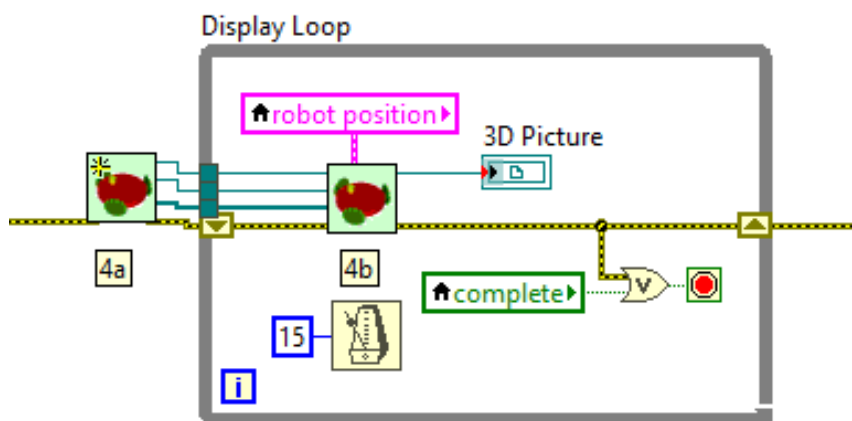


Рисунок 36.Отображение модели на фронтальную панель LabVIEW

Симуляция и оптимизация происходит путем добавления элементов управления на лицевую панель и оформление интерфейса имитационной модели (рис. 37).

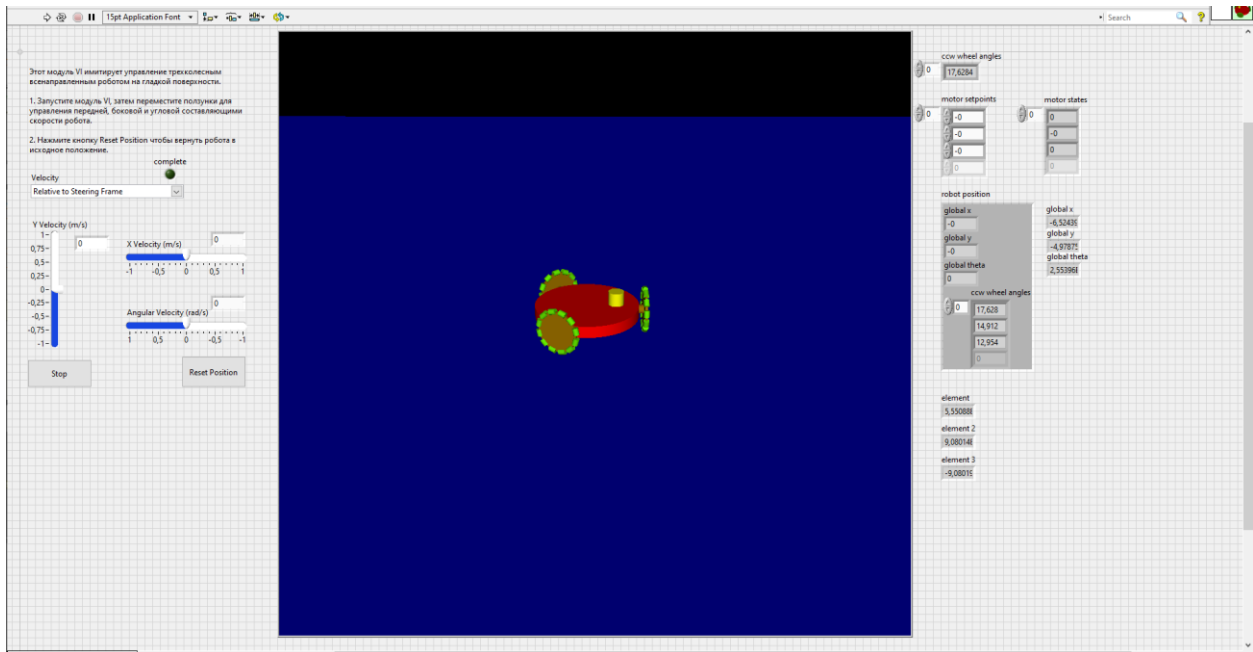


Рисунок 36. Фронтальная панель (пользовательский интерфейс)

Таким образом, создается комплексная имитационная модель движения мобильных платформ с шасси на омни-колесах в LabVIEW, объединяющая кинематическую и динамическую составляющие. Это позволит исследовать и оптимизировать характеристики движения платформы, а также визуализировать ее поведение в реальном времени.

5. Робот-агротехник

Цель: создать робота-агротехника для работы в полевых условиях.

Задачи:

1. Провести разработку конструкции робота-агротехника, который сможет передвигаться по вспаханному земельному участку и высаживать картофель.

2. Выбрать платформу, для реализации электромеханической составляющей модели робота.

3. Подобрать материалы для дополнительных конструкций.

4. Сконструировать модель робота-агротехника.

5. Разработать управляющей программы для робота-агротехника.

Основные функции робота-агротехника:

– передвижение по вспаханному грунту;

– перевозка картофеля;

– выкапывание лунок во вспаханном грунте и высаживание в них картофеля;

– точная ориентировка на вспаханном поле.

Исходя из основных функций робота-агротехника, подбирают оборудование для создания робота-агротехника. Основакорпуса робота алюминиевый профиль TETRIX (рис. 37). В качестве контроллера используется myRIO компании NationalInstruments, так как он позволяет подключать все модули совместимые с Arduino, а так же контроллер моторов L298N, web-камера Logitech, датчики расстояния.Использует графический язык программирования LabVIEW, который в свою очередь является промышленным языком программирования мобильных роботов. Данный контроллер позволяет в режиме реального времени отслеживать показания датчиков робота, положения валов моторов робота, а также регулировать их состояние.

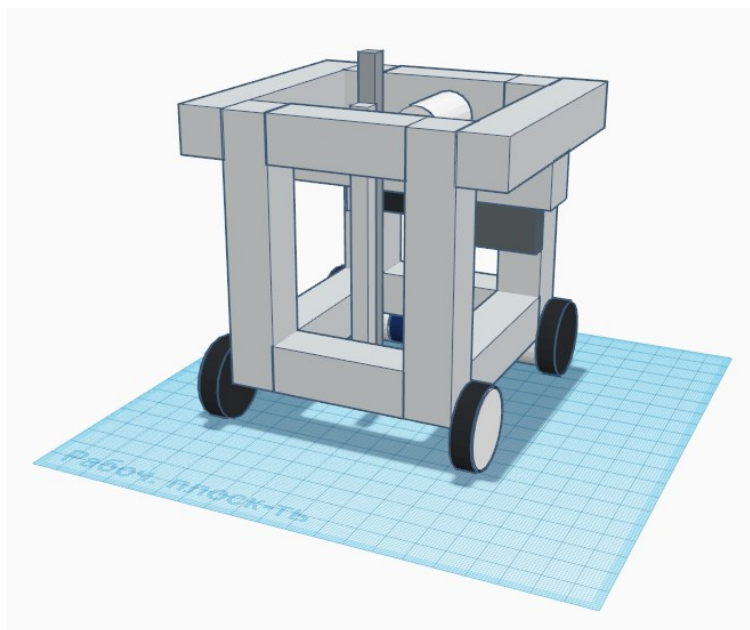


Рисунок 37. Конструкция робота-агротехника

Тесты, проведенные с моделью, показали, что четырехугольная конструкция с однобортным приводом наиболее удобная для робота-агротехника (рис. 38).



Рисунок 38. Однобортный привод робота-агротехника

Это наиболее распространенный тип силовой передачи в современной робототехнике. Управление этого типа иногда называется также «танковый ход», так как зачастую применяется при конструировании танков. В ходовой части этого типа, колеса на правой стороне и колеса на левой стороне приводятся в действие отдельными электромоторами. Эти колеса фиксируются в положении «вперед/назад», и их рулевое управление не осуществляется. Управ-

ление колесами обеспечивается за счет изменения скорости каждой из сторон привода (например, если правая сторона движется вперед быстро, а левая - медленно - робот выполняет левый поворот).

Ходовая часть этого типа может выполнять поворот нулевого радиуса (на месте). Робототехник должен просто привести стороны в действие таким образом, чтобы одна из них двигалась вперед, а другая – назад.

Для данного типа привода необходимо два электромотора, но не требуется специальный исполнительный механизм рулевого управления – оба электромотора используются для реализации движения вперед, поэтому вся мощность используется для ускорения или толкания.

Данный вариант обеспечивает максимальную проходимость робота и делает его маневренным. Что облегчает программирование робота-агротехника, избавляя робототехника от написания лишних программ.

В качестве манипулятора мы решили использовать линейный актуатор с ременной передачей. Конструкция системы манипуляции окружающими объектами обеспечивает простоту и надежность. Применение линейного актуатора позволило нам решить сразу несколько робототехнических проблем.

Систему питания электроники было решено упаковать в кабель канал и спец обмотку. Вся электроника, включая камеру слежения за окружающей обстановкой и контроллер робота были расположены по его периметру.

6. Портативный, гибридный генератор электроэнергии из энергии воды и ветра

Цель: разработать портативный, гибридный генератор электроэнергии, работающий от энергии ветра и воды.

Задачи:

1. Изучить использования энергии ветра и воды в целях преобразования ее в электрическую энергию.

2. Выявить возможность устройств преобразовывать энергию ветра и воды в электрическую;

3. Смоделировать портативный, гибридный генератор электроэнергии, работающий за счет использования энергии ветра и воды в программе Компас 3D.

4. Смоделированные и изготовить детали при помощи технологии 3Dпечати.

5. Собрать генератор и провести генерацию электроэнергии.

Устройства, для преобразования энергии некоторых альтернативных источников в электрическую, сложно создать в домашних условиях, а в условиях похода или экспедиции – это практически невозможно.

На сегодняшний день, человек полностью обуздал энергию ветра и может ее использовать для создания электроэнергии. Ветроэнергетика в мире, востребована, над развитием этой отрасли работают учёные различных специальностей. Ежегодно в эксплуатацию вводятся тысячи ветряков.

Процесс преобразования энергии ветра в электроэнергию прост. Ветер, ударяя в лопасти, приводит их в движение, что в свою очередь вращает вал электромотора, в котором благодаря электромагнитной индукции возникает электрический ток. Этот ток впоследствии может быть собран и сохранен в аккумуляторе для дальнейшего использования.

Очень близко, по принципу работы, к энергии ветра – это энергия воды. Она также, как и энергия ветра может быть преобразована в электроэнергию. Принцип преобразования не отличается от того, что лежит в ветряке.

Для того, чтобы трансформировать энергию ветра в электрическую используют так называемые ветрогенераторы. Это устройства, состоящие из нескольких узлов, выполняющих задачи по приему, передаче и преобразованию энергии ветра в электричество.

Чаще всего используют горизонтальную конструкцию, так как считается что такая конструкция наиболее эффективна по сравнению существующих на сегодняшний день [43].

Поток ветра, воздействует на лопасти, используется максимально возможным образом, практически без потерь. Но при этом необходимо корректировать его положение в зависимости от направления ветра.

Для трансформации энергии воды в электрическую используют турбины. Их устройство похоже на ветрогенератор и состоит из несколько узлов, их конструкция так же может быть горизонтальной. Потоки воды, воздействует на лопасти, приводя турбину в движение. При этом ее достаточно опустить в место, где есть течение воды.

Эффективность ветрогенератора и турбины зависит как от скорости ветра, течения воды, так и от характеристик самих устройств (размер лопастей, количество витков проволоки на катушке мотора и т.д.).

Принципы работы и конструкции устройств преобразования энергии ветра и воды из альтернативных источников в электрическую энергию имеют схожие черты:

1. Потоки частиц вращают лопасти, приводя в движения вал мотора, внутри которого в свою очередь возникает электрический ток.
2. Необходимость наличия в конструкции лопастей.
3. Необходимость наличия в конструкции электромотора;
4. Необходимость наличия в конструкции аккумулятора для хранения сгенерированной электроэнергии.
5. Необходимость наличия в конструкции контроллера заряда.

Учитывая, что разрабатываемый портативного генератора электроэнергии будет эксплуатироваться в условиях походов или экспедиций, необходимо в конструкции учесть:

- герметичность;
- компактность;

– энергоэффективность.

План работы по изготовлению генератора с учетом оптимизации процесса:

1. Подбор электронных компонентов.
2. Моделирование корпуса портативного генератора в программе Компас 3D.
3. Встраивание технологических отверстий для интеграции электронных компонентов в 3D модель портативного, гибридного генератора электроэнергии.
4. Печать разработанных нами 3D моделей при помощи 3D принтера.
5. Обработка напечатанных деталей.
6. Интеграция электронных компонентов устройства.
7. Герметизация корпуса портативного, гибридного генератора электроэнергии из энергии ветра и воды.

Учитывая основные характеристики генератора электроэнергии и особенности оптимизации, основание генератора создается в виде окружности, в центре которой закреплен электродвигатель, а на электродвигатель устанавливаются лопасти. Все электронные компоненты генератора помещаются внутрь основания, тем самым обеспечивается защита их от влаги. Смоделированный нами генератор представлен на рисунке 39.

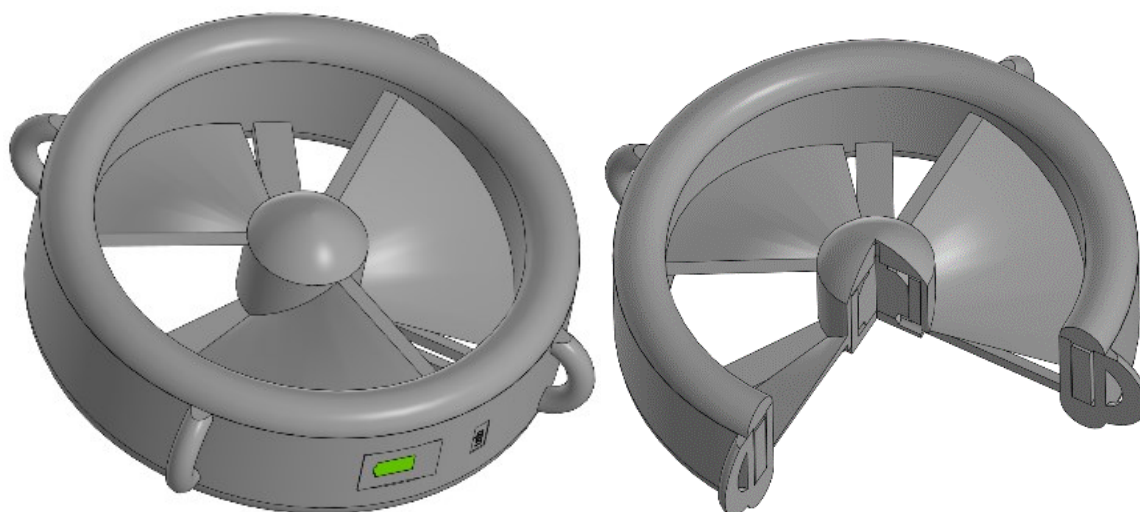
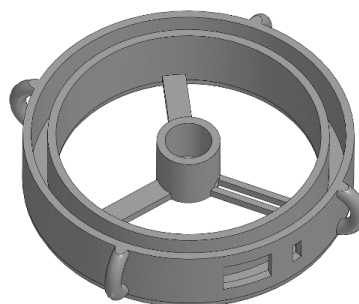


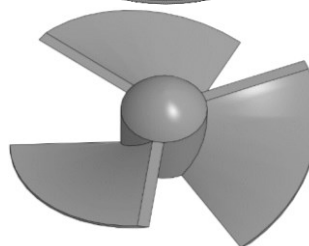
Рисунок 39. 3D модель разработанного нами электрогенератора

Генератор в предлагаемой конструкции состоит из трех частей (рис. 40):

– основание



– лопасти



– герметичное кольцо

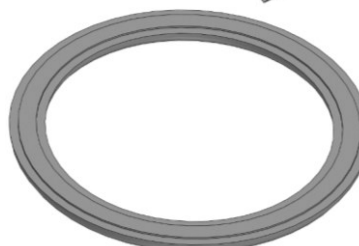


Рисунок 40. Части генератора

В генератор электроэнергия устанавливается в заранее продуманные при проектировании места в конструкции (рис. 41) электроника:

- электродвигатель;
- аккумулятор (гибкий, для удобного размещения в корпусе);
- контроллер заряда,
- USB порт для вывода полученной электроэнергии.

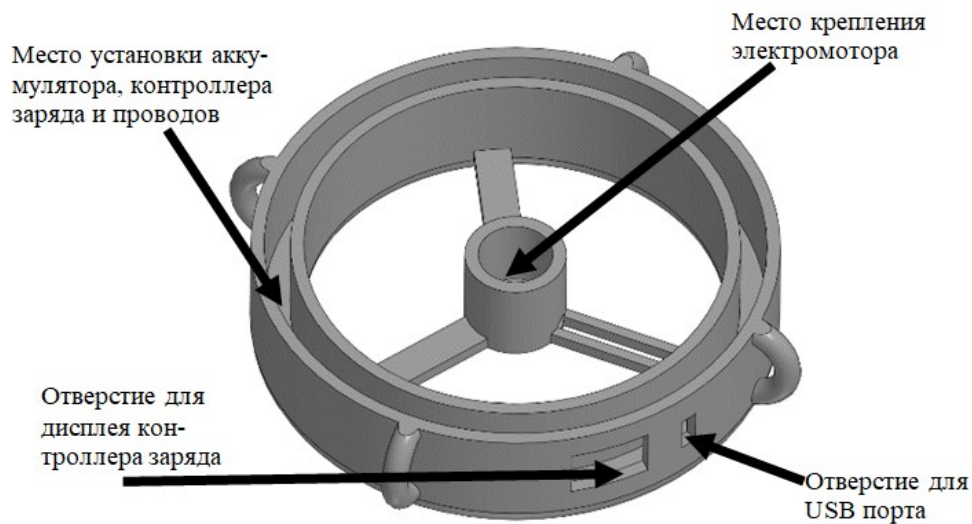


Рисунок 41. Основание генератора с учетом интегрируемой электроники

Для того, чтобы электроника не повредилась от воды необходимо закрыть основание специальным герметичным кольцом. В центре по всей ее длине сделан выступ, в процессе сборки устройство оно будет плотно посажено на клей и не даст воде повредить электронику.

Лопастей будут устанавливаться на электромотор, что позволит приводить его в движение без каких-либо вторичных механизмов. Это позволит сделать устройство более надежным. Для установки лопастей на выбранный нами электромотор в них был спроектирован специальный паз (рис. 42).

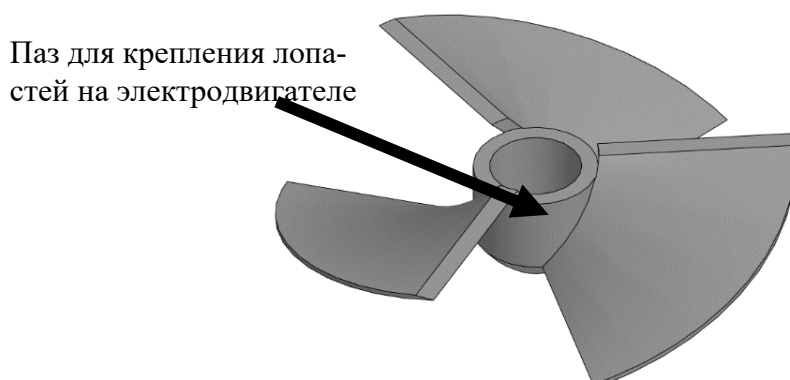


Рисунок 42. Лопасти с пазом для крепления электродвигателя

Все детали портативного генератора электроэнергии печатаются на 3D принтере с применением технологии послойного наплавления пластика. Для

печати используется ABS пластик. Несмотря на сложности в работе с этим видом пластика при печати, изделия из него обладают хорошей прочностью и износостойкостью.

Настройки 3D принтера для печати:

- температура экструдера 230-260°C;
- температура стола 90-110°C;
- скорость печати 40-60 мм/с;
- обдув модели отключен;
- ретракт включен;
- корпус принтера закрыт.

Указанные параметры дают усадку модели при печати не больше 0,4%. Это означает, что напечатанные детали будут соответствовать размерам и все отверстия, пазы совпадут при сборке устройства.

Время, затраченное на печать конструкции, составляет 31 час.

После печати детали дополнительно обрабатываются напильником и наждачной бумагой для сглаживания неровности и устранения недостатков печати, возникающие при печати поддержек.

После печати деталей корпуса и их обработки проводится сборка устройства и установка электроники (рис. 43 и 44).

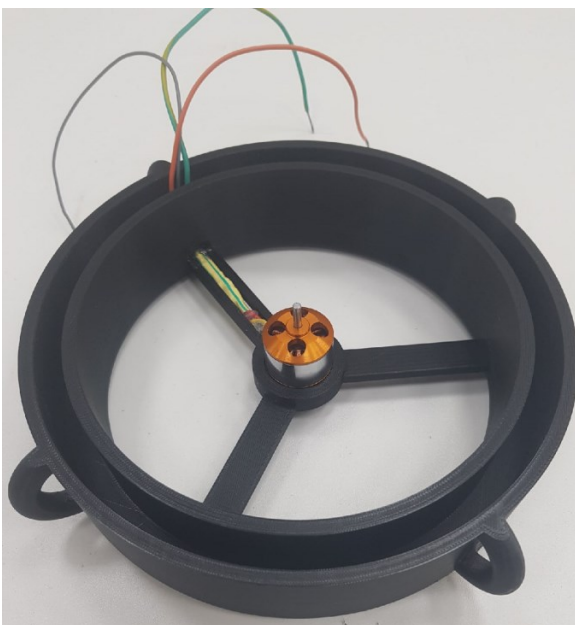


Рисунок 43. Установка электромотора

Рисунок 44. Установка контроллера заряда и USB порта

Все стыки между электрикой и корпусом, а также герметичным кольцом генератора герметизируются специальным клеем.

Конечный вид устройства портативного, гибридного генератора электроэнергии изображено на рисунке 45.



Рисунок 45. Портативный, гибридный генератор электроэнергии

Разработанный портативный, гибридный генератор электроэнергии, работающий за счет преобразования энергии ветра или воды, позволяет во время похода заряжать смартфон. Максимальное напряжение, получаемое на выходе – 10 вольт.

Для эффективной работы генератора с использованием энергии ветра его можно подвязать к дереву по направлению ветра (для этого на генераторе предусмотрены специальные «ушки», к которым можно привязать веревку).

7. Учебная модель автономного транспортного средства

Цель: разработать учебную модель автономного транспортного средства.

Задачи:

1. Изучить устройство современных автономных транспортных средств.
2. Определить компоненты, необходимые для изготовления учебной модели автономного транспортного средства.
3. Смоделировать и собрать модель автономного транспортного средства.
4. Подготовить методическую документацию по созданию учебной модели автономного транспортного средства.

Разработки современных автономных транспортных средств принадлежат компаниям Google, Nissan, RobotCar UK, GeneralMotors, Yandex и TeslaMotors. В 2006 году компания TeslaMotors представила свои первые прототипы автономных автомобилей. Вскоре за ней другие автомобильные гиганты и IT-корпорации стали презентовать свои версии беспилотных машин. В связи, с чем все разработки новых технологий стали тщательно скрываться. Каждая компания имеет собственную технологию изготовления автономного транспортного средства, но все эти автомобили объединяет одно – это:

- 1) контроллер (мозг автомобиля, обрабатывающий информации об окружающей среде и управляющий автомобилем);
- 2) сенсорная система (камеры, дальномеры, лидары, gps системы, своего рода органы чувств автомобиля);
- 3) программное обеспечение (алгоритмы обработки данных, принятия решения и управления системами автомобиля);
- 4) колесная база автомобиля (как правило – это шасси Аккермана).

Подобное устройство беспилотного автомобиля (рис. 46) позволяет ему свободно перемещаться по дорогам, но производители рекомендуют всегда держать руки на руле и следить за дорогой вместе с машиной. Так как нынешние алгоритмы работы автономных машин требуют доработки и еще могут ошибаться [27].

Многие энтузиасты современной мобильной робототехники создают различные проекты по автоматизации транспортных средств, как для личного

пользования, так и для различной промышленности. На таких платформах как GITNAV можно найти проекты по автоматизации трактора или бензинового автомобиля, что позволяет определить основные характеристики, разрабатываемой модели автономного транспортного средства, к которым относятся:

– шасси модели Аккермана (рис. 47);



Рисунок 46. Схема устройства автономных транспортных средств

– контроллер автомобиля, способный обрабатывать видеопоток и совместимый с большинством доступных на рынке датчиковых систем и с языком программирования Python, который обладает большим количеством инструментов для создания автопилота транспортного средства;

– датчики расстояния и разметки в виде камеры.

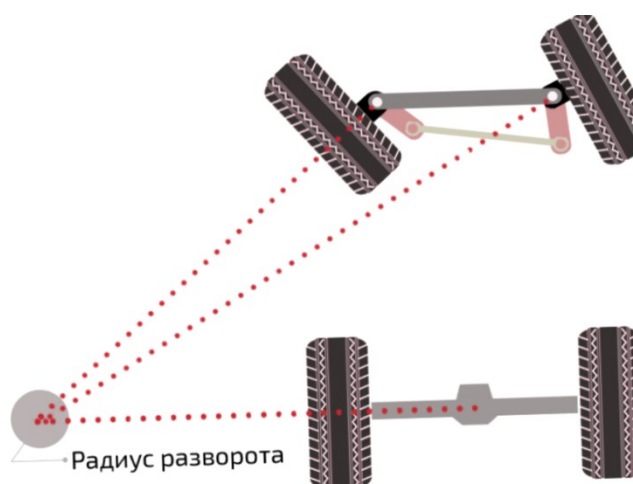
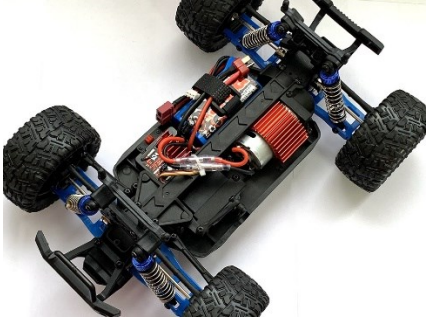



Рисунок 47. Шасси Аккермана (рулевое управление)

Характеристики учебной модели автономного транспортного средства определяют набор оборудования (таблица 10).

Таблица 10– Оборудование для сборки учебной модели беспилотного транспортного средства

№	Описание оборудование	Изображение
1	Шасси на RemoHobbySmax	
2	Одноплатный компьютер RaspberryPi 4 Model B 2Gb 44588	

На шассе уже был установлен мотор, контроллер вращения мотора, сервопривод для рулевого управления и система питания.

После сборки все необходимые компоненты учебной модели, проектируется каркас для крепления всех необходимых элементов (рис. 48). Каркас спроектирован в виде треугольника, планируется сделать его из алюминиевой полосы толщиной 2 мм. Данный материал легок в обработке и при необходимости легко поддается деформации. Примерное расположение электроники на каркасе изображено на рисунке 48. Подобное расположение выбрано исходя из следующих критериев:

- 1) доступность электроники (можно беспрепятственно вносить изменения, добавлять и удалять устройства),
- 2) минимальная перестройка шасси.

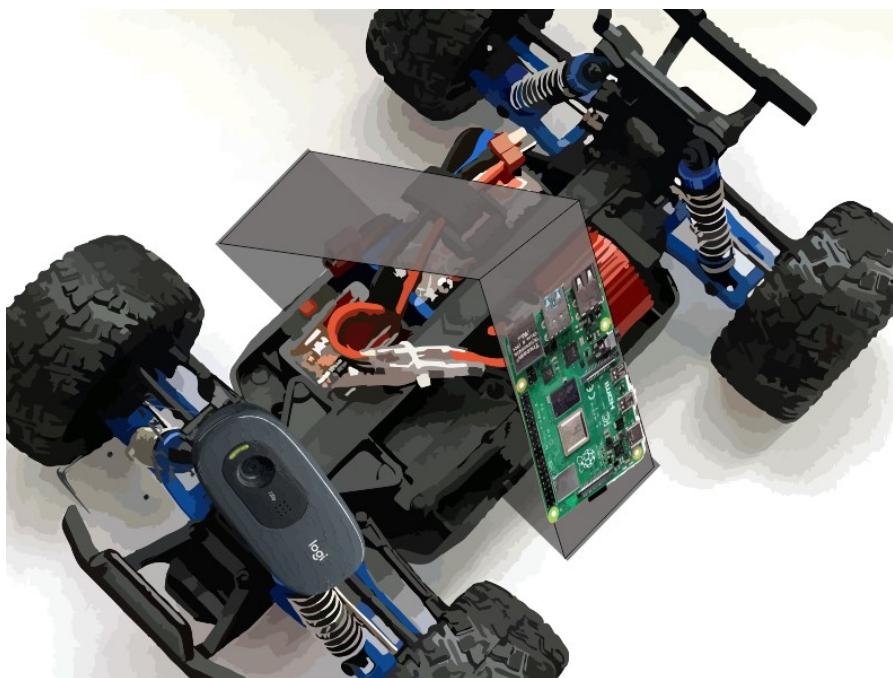


Рисунок 48. Вид каркаса для крепления необходимой электроники и расположение на нем электроники

Документация для разработки учебной модели беспилотного транспортного средства

1. Технологическая карта(таблица 11) позволит спланировать время работы, подобрать инструмент и приспособления для создания модели.

2. Электрическая схема управляющей электроники автономного транспортного средства

Для подключения привода учебной модели автомобиля с автопилотом и сервомотора управляющего рулем разрабатывается схема электрической цепи, представленная на рисунке 49. Схема позволяет правильно подключить управляющую электронику учебной модели автономного транспортного средства.

Таблица 11 – Технологическая карта

Название операции	Содержание работ	Материал, инструмент
Подготовка алюминиевой полосы для изготовления каркаса	Отмерить нужное количество полосы из алюминия и отпилить его, после чего обработать напильником края	Алюминиевая заготовка, Ножовка по металлу, напильник
Изготовление каркаса	Отметить области изгиба и согнуть алюминий, придав ему вид треугольника	Тиски, киянка, чертежный инструмент
Сверление отверстий для крепления каркаса к шасси и электроники	Отметить места расположения отверстий, накернить, просверлить	Тиски, чертежный инструмент, дрель, сверло
Подготовка шасси к соединению с каркасом	Отметить места расположения отверстий, накернить, просверлить	Тиски, чертежный инструмент, дрель, сверло
Соединение и подгонка каркаса с шасси	Скрепляем каркас с шасси при помощи болтов и гаек М3	Набор инструментов для работы с шестигранными болтами и гайками, напильник
Установка электроники	Установка электроники на каркас при помощи болтов и гаек М3	Набор инструментов для работы с шестигранными болтами и гайками, напильник
Подключение электроники	Соединение всех компонентов автономного транспортного средства в одну электрическую цепь	Паяльник, клеймы, термоусадка, изолента, набор проводов для макетирования

Источник тока

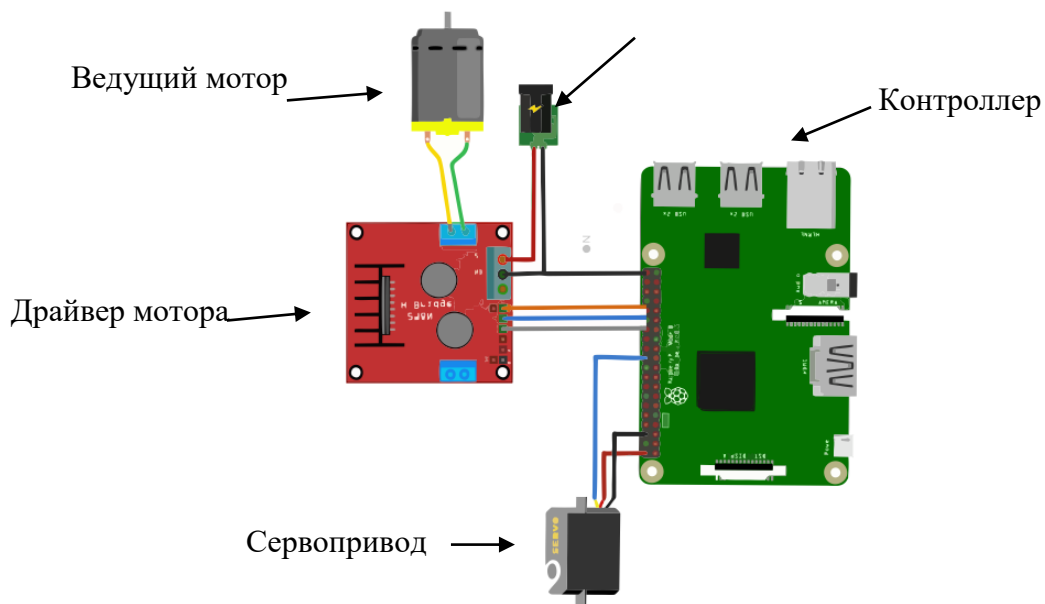


Рисунок 49. Схема подключения электромотора и сервопривода к контроллеру учебной модели

В цепи (рис. 49), важную роль играет драйвер для DC мотора, собранный на базе логической схемы L298N (рис. 50). Он позволяет приводить беспилотный автомобиль в движение.

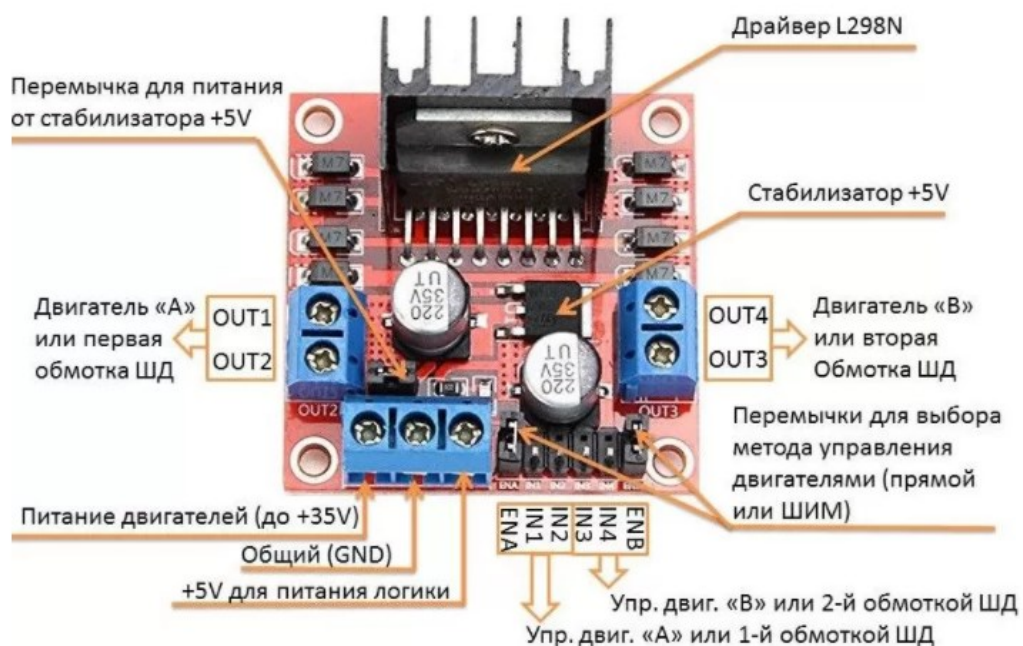


Рисунок 50. Драйвер для DC мотора

Устройство драйвера для DC мотора состоит из:

1. OUT1 и OUT2 – разъемы для подключения первого щеточного двигателя или первой обмотки шагового двигателя.

2. OUT3 и OUT4 – разъемы для подключения второго щеточного двигателя или второй обмотки шагового двигателя.

3. VSS – вход для питания двигателей (максимальный уровень +35V).

4. GND – общий провод.

5. Vs – вход для питания логики +5V. Через него непосредственно запитывается сама микросхема L298N. Есть еще второй способ питания, при котором 5V для L298N берется от встроенного в модуль стабилизатора напряжения. В таком случае на разъем подаётся только питание для двигателей (Vss), контакт Vs остаётся не подключенным, а на плате устанавливается перемычка питания от стабилизатора, который ограничит питающее моторы напряжение до приемлемых 5V.

6. IN1, IN2 – контакты управления первым щеточным двигателем или первой обмоткой шагового двигателя.

7. IN3, IN4 – контакты управления вторым щеточным двигателем или второй обмоткой шагового двигателя.

8. ENA, ENB – контакты для активации/деактивации первого и второго двигателей или соответствующих обмоток шагового двигателя. Подача логической единицы на эти контакты разрешает вращение двигателей, а логический ноль – запрещает. Для изменения скорости вращения щеточных моторов на эти контакты подаётся ШИМ-сигнал. Для работы с шаговым двигателем, как правило, на эти контакты ставят перемычки, обеспечивающие постоянную подтяжку к +5V.

Подключение камеры для технического зрения и датчиковых систем к контроллеру не требуют проектирования специальных схем. Данные схемы есть в интернете в свободном доступе.

Данная модель может применяться на уроках информатики для изучения принципов работы нейронных сетей используемых для обработки изображений дорожных знаков и разметки. Она программируется на языке Python и имеет неограниченный потенциал применения на уроках информатики, математики и технологии.

8. Многоцелевая роботизированная лодка «КАШАЛОТ»

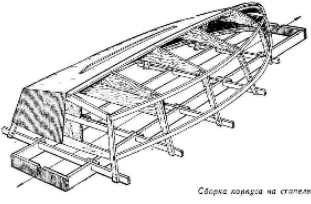
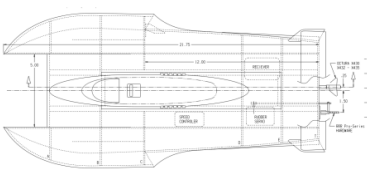
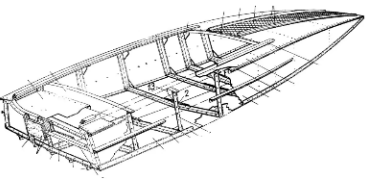
Цель: создание функционального прототипа многоцелевой роботизированной лодки, оснащенной современными датчиками, навигационными системами и двумя режимами работы (дистанционным/автономным).

Задачи:

1. Провести анализ распространённых в судомоделировании корпусов лодок.
2. Определить основные характеристики корпуса многоцелевой роботизированной лодки.
3. Определить технологию изготовления корпуса роботизированной лодки из доступных нам материалов.
4. Смоделировать и изготовить необходимые нам элементы многоцелевой роботизированной лодки при помощи аддитивных и лазерных технологий.
5. Определить электронные компоненты, позволяющие роботизировать лодку.
6. Провести сборку многоцелевой роботизированной лодки.
7. Написать управляющую программу с базовыми действиями и дистанционным управлением для многоцелевой роботизированной лодки.

Для моделирования и создания корпуса роботизированной лодки необходимо изучить теорию судомоделирования и рассмотреть распространенные варианты моделей корпусов лодок, а также провести их сравнение (таблица 12).

Таблица 12 – Распространенные корпуса лодок в судомоделировании.

№	Корпус	Плюсы	Минусы
1		<ul style="list-style-type: none"> - Хорошая устойчивость - Большая площадь соприкосновения с водой - Легкий - Средняя маневренность 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая маневренность - Плохое сопротивление волнам
2		<ul style="list-style-type: none"> - Хорошая устойчивость - Большая площадь соприкосновения с водой - Легкий - Высокая скорость перемещения 	<ul style="list-style-type: none"> - Тяжелый - Низкая маневренность - Плохое сопротивление волнам
3		<ul style="list-style-type: none"> - Прочный - Легкий - Средняя маневренность - Высокая скорость перемещения - Хорошая устойчивость 	<ul style="list-style-type: none"> - Тяжелый - Плохое сопротивление волнам при медленном перемещении

Сравнительный анализ вариантов корпусов лодок (таблица 12) показал, что моделировать многоцелевую роботизированную лодку лучше по первому и третьему типу корпуса с учетом основных требований к корпусу:

- корпус должен быть устойчив на воде;
- корпус лодки должен быть легко балансируем;
- у корпуса должна быть хорошая сопротивляемость волнам;
- конструкция корпуса должна обеспечивать хорошую маневренность лодки в сложных и труднодоступных местах;
- корпус не должен превышать массу в 15 кг (для удобства транспортировки оператором);
- корпус не должен тонуть при протечке.

Для изготовления корпуса лодки с учетом требований подбирается материал (таблица 13).

Таблица 13 – Анализ материала используемого для изготовления корпуса

многоцелевой роботизированной лодки

Материалы	Плюсы	Минусы
Фанера	- Не тонет в воде - Можно резать лазером - Прочная	- При намокании разбухает - Тяжелая - Не обеспечивает герметичность
Алюминий	- Прочный - Легкий	- Тонет при неправильной сборке - Сложно придавать нужную форму
Пенопласт	- Легко режется струной - Не тонет в воде - Легкий - Можно придать нужную форму	- Крошится
Пеноплекс	- Легко режется - Не тонет в воде - Прочный. - Легкий - Можно придать нужную форму	- Хрупкий
Эпоксидная смола	- Герметичная - Можно придать форму - Легкая - Прочна	- Требует правильных пропорций
Стеклоткань	- Прочная - Легко меняет форму - Можно резать лазером	- Используется совместно с эпоксидной смолой

Анализ свойств доступных материалов для корпуса показал, что для корпуса подходят пенопласт, стеклоткань, эпоксидная смола и фанера. Данные материал обеспечат многоцелевой роботизированной лодке выполнения всех требований к ней. Соответственно для изготовления лодки будет сформирована мастер-форма из пенопласта и фанеры, после будет нанесена на мастер-форму стеклоткань, вымоченная в смоле. Далее шлифовка, грунтовка, покраска.

Для роботизации лодки необходимы контроллеры и одноплатные компьютеры, анализ свойств которых представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Анализ технических характеристик контроллеров и одноплатных компьютеров

Характеристика	Arduino	RaspberryPi	NI myRIO
Процессор	ATmega328P с тактовой частотой 16 МГц	Двухъядерный ARM Cortex-M0+ с тактовой частотой 133 МГц	Двухъядерный ARM Cortex-A9 с тактовой частотой 667 МГц, FPGA Xilinx Zynq-7010

Память	32 КБ флэш-памяти, 2 КБ SRAM, 1 КБ EEPROM	264 КБ SRAM, 2 МБ флэш-памяти	256 МБ DDR3 RAM
Входы/выходы	14 цифровых (6 из них могут использоваться как ШИМ), 6 аналоговых входов	30 GPIO, 4 аналоговых входа, 2 UART, 2 SPI, 2 I2C, 16 каналов PWM	10 аналоговых входов, 6 аналоговых выходов, 40 цифровых линий I/O
Питание	Рабочее напряжение 5В, рекомендуемое напряжение питания 7-12В	Напряжение 3.3В	Напряжение 6-16В
Языки программирования	C/C++ с использованием Arduino IDE	C/C++, MicroPython, CircuitPython	LabVIEW, C
Возможности	Поддержка множества библиотек для работы с датчиками, модулями связи и другими периферийными устройствами. Простота использования и большая поддержка сообщества	Поддержка PIO (Programmable I/O) для создания собственных интерфейсов, множество библиотек и SDK для разработки. Подходит для проектов с низким энергопотреблением благодаря поддержке спящих режимов	Поддержка графического программирования в LabVIEW, что упрощает разработку сложных систем реального времени. Поддержка Wi-Fi для удаленного управления и мониторинга
Операционная система	Отсутствует полноценная операционная система. Программы загружаются непосредственно на микроконтроллер и выполняются без ОС	RaspberryPi OS (ранее Raspbian), основанная на DebianLinux. Также поддерживаются другие ОС, такие как UbuntuMate, ArchLinux и Windows 10 IoTCore	Работает под управлением Linux. Программирование осуществляется через LabVIEW или C
Плюсы	<ul style="list-style-type: none"> - способен выполнять множество задач одновременно - намного выше длительность работы от аккумулятора - недорогой 	<ul style="list-style-type: none"> - способен выполнять множество задач одновременно - работает под операционной системой реального времени - способен обрабатывать большие данные в виде видеопотока или фотографий - обладает высокой степенью надежности 	<ul style="list-style-type: none"> - способен выполнять множество задач одновременно - обладает высокой степенью надежности - наличие навигатора navX и драйвера моторов MD-2 в нашем распоряжении
Минусы	<ul style="list-style-type: none"> - слабая вычислительная мощность - линейный алгоритм работы программы 	<ul style="list-style-type: none"> - очень маленькое время работы от аккумулятора - медленная скорость 	<ul style="list-style-type: none"> - дорогой

	- из-за ограниченных ресурсов, рекомендуется использовать внешние микроконтроллеры или компьютеры для использования технического зрения	отправки информации (распределение приоритетов)	
--	---	---	--

В ходе анализа были учтены, требования к навигации и устойчивости к внешним факторам. Результаты проведенного анализа стал выбор одноплатного компьютера NiMyRio так как он соответствует всем заявленным нами требованиям.

Для обеспечения надежного и стабильного беспроводного соединения в условиях эксплуатации многоцелевой роботизированной лодки важен тщательный выбор компонентов связи. Анализ возможности использования Wi-Fi роутера Mercusys AC10 для организации беспроводной передачи данных между роботизированной лодки и береговой станцией на основе характеристик выбранного оборудования для связи представлен в таблице 15.

Wi-Fi роутер Mercusys AC10 представляет собой приемлемый выбор для беспроводной связи в автоматизированной роботизированной лодке благодаря поддержке современных стандартов Wi-Fi, высокой скорости передачи данных и устойчивости к помехам. На рисунке 51 представлена схема организации сети (лодка-наземная станция).

Таблица 15 – Характеристики Wi-Fi роутера Mercusys AC10

Характеристика	Описание
Поддерживаемый стандарт Wi-Fi	802.11ac (Wi-Fi 5)
Максимальная скорость передачи	- до 867 Мбит/св диапазоне 5 ГГц - до 300 Мбит/св диапазоне 2,4 ГГц
Технология передачи данных	MU-MIMO (Multiple User, MultipleInput, MultipleOutput), обеспечивающая одновременную передачу данных нескольким устройствам
Частотные диапазоны	2,4 ГГц и 5 ГГц
Дальность связи	До 90 метров в условиях прямой видимости на частоте 5 ГГц
Устойчивость к помехам	Высокая в диапазоне 5 ГГц (меньше интерференции от других устройств, работающих на 2,4 ГГц)
Энергопотребление	Низкое, оптимальное для автономных систем

Пропускная способность	Поддержка высокоскоростной передачи данных с минимальными задержками
Интеграция	Совместимость со стандартными IP-протоколами, что облегчает интеграцию в системы управления
Ограничения	- Снижение дальности связи при наличии препятствий или в условиях реальной эксплуатации на воде - Возможные помехи при наличии других сетей



Рисунок 51. Схема организации сети между одноплатным компьютером лодки и береговой станцией

Важным этапом является выбор движителей для многоцелевой роботизированной лодки. Данный выбор напрямую влияет на ключевые параметры системы, такие как маневренность, эффективность энергопотребления, скорость и стабильность работы в различных условиях эксплуатации (пресная/соленая вода). В разрабатываемой роботизированной лодки используются бесколлекторные двигатели с установленным на них гребным винтом и регуляторы оборотов, управление которыми осуществляется GPIO NiMyRio (рис. 52).



Рисунок 52. Двигатели

Совместно с одноплатным компьютером NiMyRio возможно применение инерциальной навигационной системы NavX, которая представляет собой устройство, использующее инерциальные измерительные блоки (IMU) для определения положения, скорости и ориентации объекта. Основные характеристики NavX представлены в таблице 16.

NavX представляет собой высокотехнологичное решение для инерциальной навигации, обеспечивая надежные данные о позиции и ориентации. Эффективность системы зависит от точности IMU, обработки данных и качественной калибровки. Система находит широкое применение в различных областях, включая робототехнику, авиацию и морскую навигацию.

Также в систему навигации внедрена система технического зрения, обеспечивающее распознавание объектов на поверхности воды.

Создание многоцелевой роботизированной лодки осуществлялось с использованием мастер-формы, изготовленной из пенопласта и фанеры, эпоксидной смолы и стеклоткани. Первым шагом данных работ, было изготовление мастер-формы. Элементы мастер-формы были вырезаны на лазере и склеены между собой, основанием и крышкой формы стала фанера в 3 мм, между ними три слоя пенопласта (рис. 53). Вторым шагом стала подготовка смеси эпок-

сидной смолы и кусков стеклоткани. После того как смесь и стеклоткань были готовы, мы наносили смесь на мастер форму и покрывали смоченную эпоксидную смолу стеклотканью, после снова наносили смесь. В результате была получена герметичная и жесткая корпус лодки (рис. 54). Третьим шагом стала грунтовка и покраска роботизированной лодки. Далее следовала сушка, финальная покраска и нанесение ватерлинии.

Таблица 16 – Основные характеристики NavX

Характеристика	Описание
Инерциальные измерительные блоки (IMU)	<ul style="list-style-type: none"> - Содержат акселерометры и гироскопы. - Акселерометры измеряют линейные ускорения по осям. - Гироскопы измеряют угловую скорость, позволяя определять повороты и ориентацию
Алгоритмы фильтрации	<ul style="list-style-type: none"> - Используются для обработки данных с IMU, включая фильтры Калмана или комплементарные фильтры для компенсации ошибок интеграции. - Эти алгоритмы помогают улучшить стабильность и точность навигационных данных, уменьшая шум и дрейф.
Интерфейсы связи	<ul style="list-style-type: none"> - NavX предоставляет различные интерфейсы для обмена данными, включая UART, I2C и SPI. - Это упрощает интеграцию системы в существующие платформы, такие как роботы или беспилотные летательные аппараты.
Калибровка	<ul style="list-style-type: none"> - Система требует периодической калибровки для обеспечения точности, поскольку IMU подвержены дрейфу и систематическим ошибкам.
Программное обеспечение	<ul style="list-style-type: none"> - Часто поставляется с набором библиотек и API для легкой интеграции в системы управления. - Можно настроить параметры оборудования для оптимизации под конкретные задачи.
Принцип работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сбор данных: <ul style="list-style-type: none"> - IMU постоянно считывает данные о линейных ускорениях и угловых перемещениях. 2. Обработка данных: <ul style="list-style-type: none"> - Данные обрабатываются алгоритмами фильтрации для снижения шума и устранения ошибок. - На основе интеграции ускорений вычисляется скорость и положение, а угловые скорости помогают определить ориентацию. 3. Выходные данные: <ul style="list-style-type: none"> - Система предоставляет информацию о текущем положении, скорости и ориентации объекта, что позволяет использовать ее для управления движением.

В ходе изготовления корпуса мастер-форму оставлена внутри корпуса. Так как мастер-форма преимущественно из пенопласта, то он обеспечит необ-

ходимую плавучесть лодки в случае пробоины корпуса роботизированной лодки.

Прокладка электрической проводки робота и соединение всех компонентов многоцелевой роботизированной лодки осуществлялось по стан-пред-5.

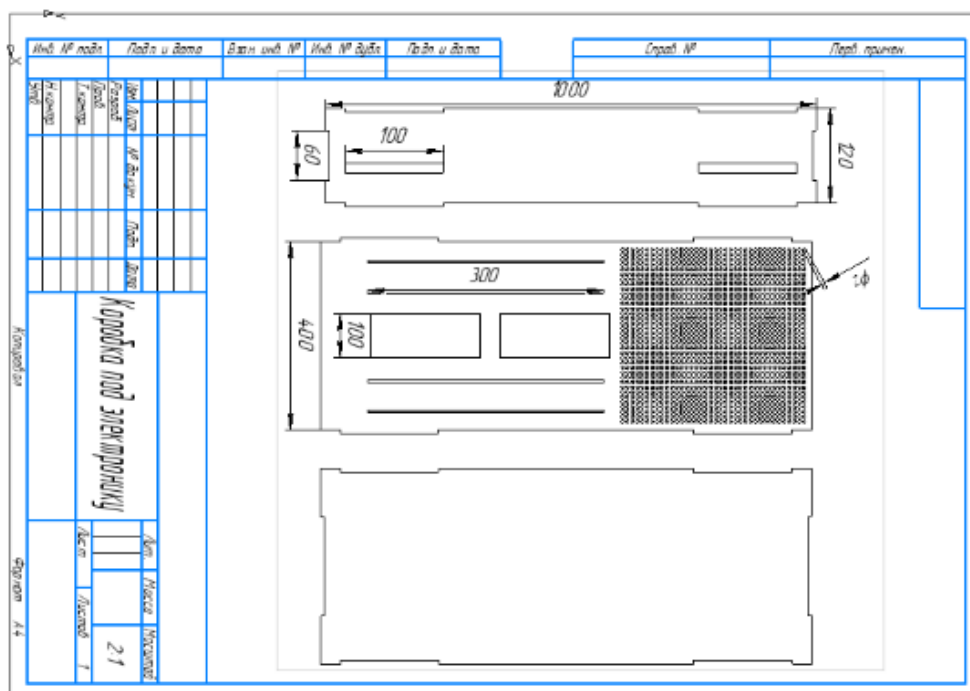
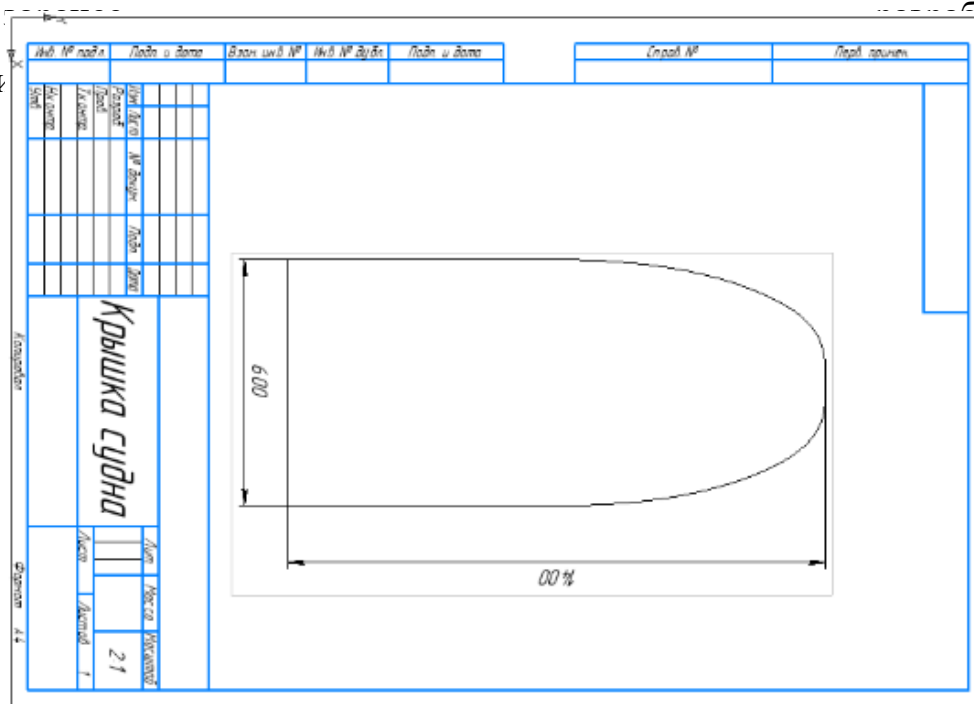


Рисунок 53. Подготовка чертежей для лазерного станка (резка)

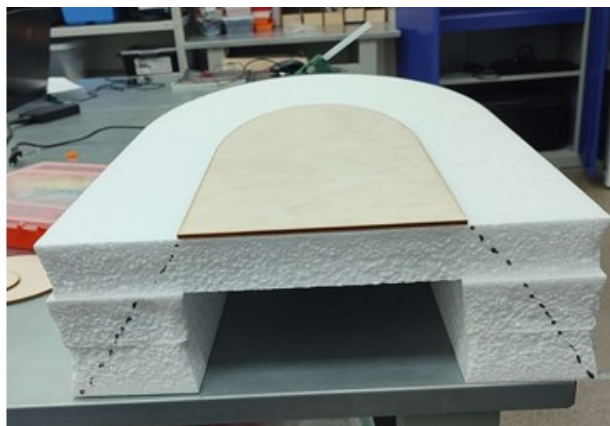


Рисунок 54. Жесткий корпус лодки

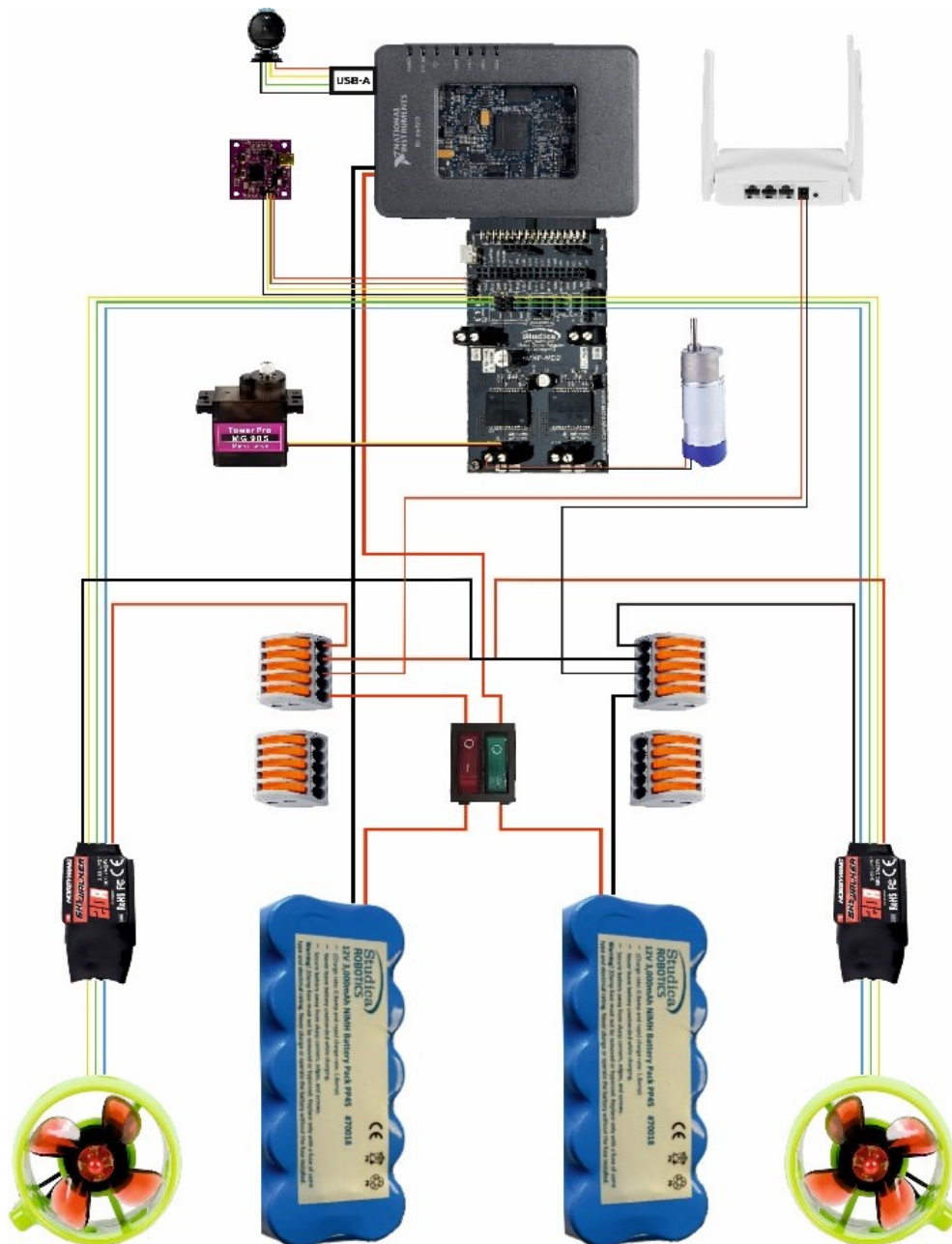


Рисунок 55. Схема электрической цепи многоцелевой роботизированной лодки

Электрическая цепь роботизированной лодки разбита на два контура. Первый контур – это контур одноплатного компьютера и систем навигации. Второй контур – это контур двигателей и при необходимости подключаемых механизмов (сервоприводы и мортиры постоянного тока, освещение и маяки, пробоотборники и датчики). Каждый контур оснащен предохранителем от короткого замыкания. Любой из перечисленных контуров, в случае поломки, может питать противоположный ему контур, что обеспечивает высокую надеж-

ность разработанной нами электрической цепи многоцелевой роботизированной лодки. Кроме того, произведена маркировка электронных компонентов для удобства оператора, в случае поломки электронных систем лодки. Маркировка обеспечивает эффективный и быстрый поиск неисправностей, что делает многоцелевую роботизированную лодку ремонтнопригодной.

Для программирования многоцелевой роботизированной лодки используется среда разработки LabVIEW (LaboratoryVirtualInstrumentEngineeringWorkbench),

LabVIEW – это графическая среда программирования, разработанная компанией NationalInstruments, которая активно используется в различных областях, включая автоматизацию, контроль и обработку данных. В контексте роботизированных лодок LabVIEW применяется нами для таких задач как:

1. Управление и автоматизация. Разработка алгоритмов для автоматической навигации лодки, включая управление курсом, скорость и маневры на воде. И алгоритмов дистанционного управления с интерфейсом для удаленного управления лодкой, что обеспечивает гибкость и удобство разработанного нами решения.

2. Сбор данных и мониторинг. LabVIEW позволяет интегрировать различные датчики (например, GPS, эхолоты, датчики скорости) для сбора данных о местоположении, глубине и других параметрах. Производить обработку данных в реальном времени. Что помогает перехватывать и анализировать информацию о состоянии лодки и окружающей среде.

3. Системы контроля. В LabVIEW предоставлена возможность реализации PID-регулирующих систем, что позволяет точно контролировать движение лодки и поддерживать заданные параметры. В то же время благодаря данной среде мы можем контролировать использование энергии (батареи), для оптимизации работы лодки.

5. Интеграция с аппаратным обеспечением и другими устройствами. Легко реализуемая поддержка различных протоколов (например, TCP/IP) позволя-

ет лодкам обмениваться данными с другими системами (наземными станциями и другими лодками).

LabVIEW является мощным инструментом для разработки и управления роботизированными лодками, обеспечивая пользователям возможность интегрировать различные функции и системы в единую программную среду.

Программное обеспечение нашей многоцелевой роботизированной лодки разрабатывалась под решение конкретной задачи в условиях бассейна. Алгоритм работы лодки в автономном режиме представлен на рисунке 56.

На рисунке 57 представлен часть кода многоцелевой роботизированной лодки, отвечающей за автономный ход и навигацию лодки в декартовой системе координат.

В полном коде роботизированной лодки мы также применили конечные автоматы (FiniteStateMachines, FSM). Конечные автоматы являются мощным инструментом для управления процессами и логикой выполнения программ. В LabVIEW реализовать конечные автоматы можно различными способами, но одной из наиболее распространённых методик является использование структур «Состояние» (StateMachine).

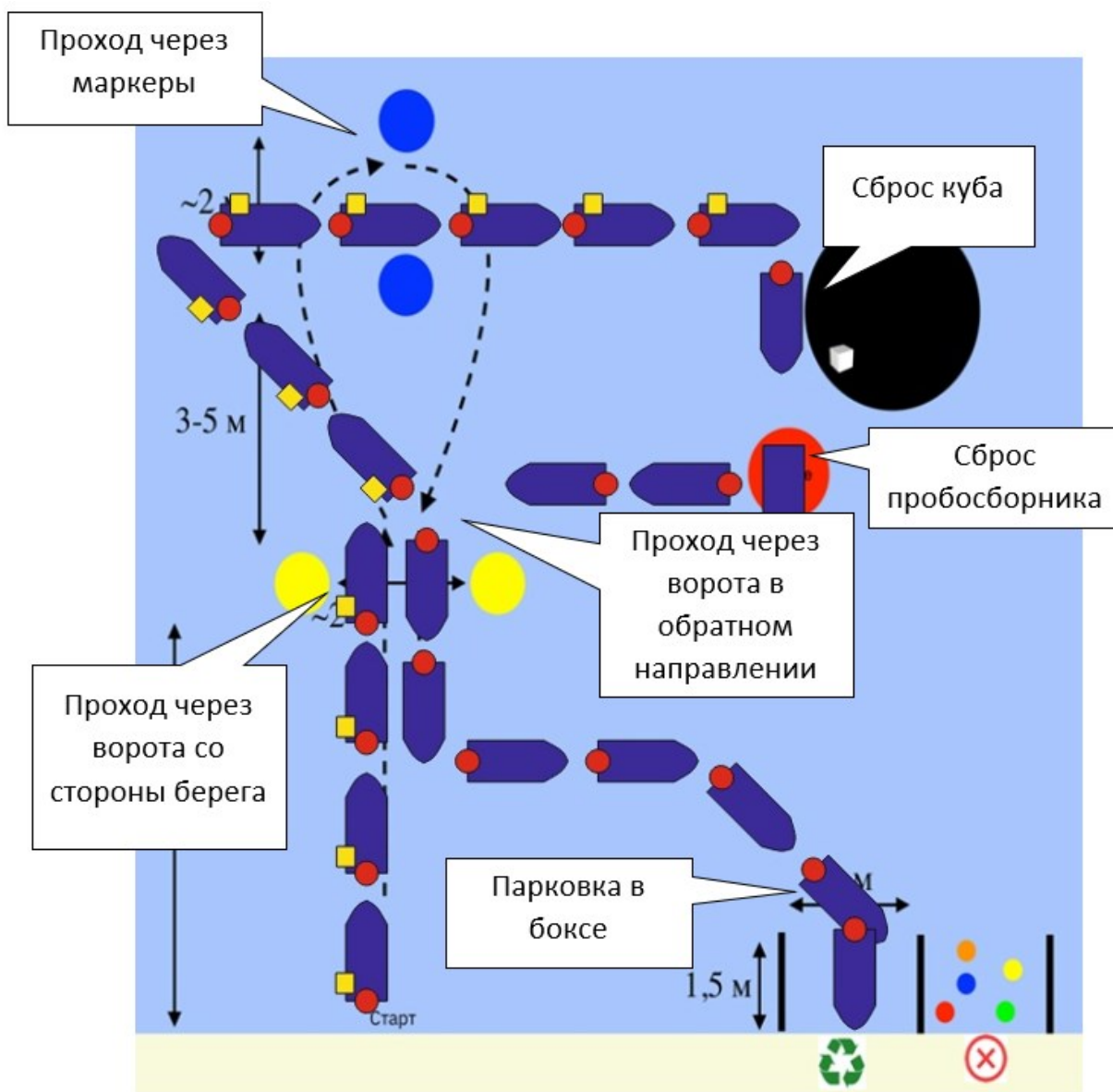


Рисунок 56. Алгоритм работы лодки в автономном режиме

Этапы создания конечного автомата в LabVIEW:

1. Создание структуры состояния. Добавили состояния и настроили диаграмму блока (BlockDiagram) для управления состояниями. Состояние (State) мы использовали строковую переменную, чтобы перечислить все возможные состояния («Инициализация», «Работа», «Завершение», «Набор скорости», «Удержание курса» и т.д.). После был создан обработчик состояния (StateHandler). Это структура управления логикой выполнения программы на основе текущего состояния.

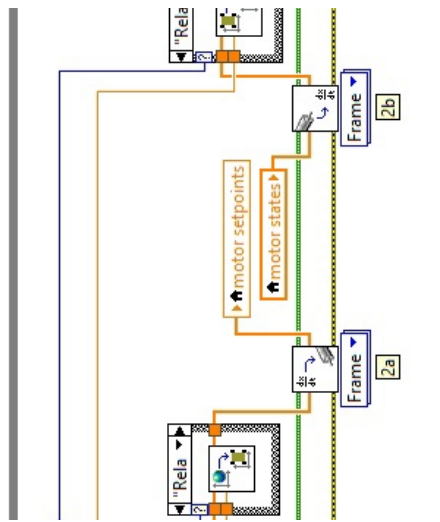


Рисунок 57. Код, отвечающий за автономную навигацию роботизированной лодки

2. Создание графика состояний и логики. Использовали конструкцию «CaseStructure» для реализации логики каждого состояния. Каждый «Case» соответствует одному состоянию нашего автомата. А логика переходов в каждом состоянии определена условием для перехода. В нашем случае условия основаны на входных данных, времени, событиях и других триггерах.

3. Цикл выполнения. Для него использовали цикл While. Чтобы обеспечить непрерывное выполнение автомата, мы поместили логику в цикл. В этом цикле также содержится обработка состояний. Управление состоянием осуществляется переменной для хранения текущего состояния, и обновлением этой переменной в зависимости от выполненной логики.

4. Инициализация и завершение. Первоначальное состояние задается инициализацией автомата при запуске роботизированной лодки. Это делается передачей начального состояния в цикле исполнения. А завершение работы осуществляется условием, при котором автомат должен выйти из цикла.

5. Добавление интерфейса пользователя были созданы панели управления и интерфейс оператора. Выведены индикаторы состояния и другие важные параметры системы.

В результате получилась многоцелевая роботизированная лодка, обладающая заданными характеристиками (рис. 58). Лодка получила кодовое имя «Кашалот» за свою внешнюю схожесть с морским млекопитающим этого вида.



Рисунок 58. Многоцелевая роботизированная лодка «Кашалот»

Лодка была протестирована в условиях закрытого бассейна (в городе Владивосток, дальневосточный морской тренажер) и в условиях открытого водоема (в городе Челябинск, голубой карьер). Во время тестов лодка перемещала грузы и осуществляла сбор проб с воды на разных глубинах водоема.

9. Создание зарядного устройства для смартфона на основе элементов Пельтье

Цель: разработать зарядное устройство для смартфона с использованием элементов Пельтье.

Задачами:

1. Изучить физическую основу эффекта Пельтье.

2. Разработать зарядное устройство для смартфона с использованием элементов Пельтье.

3. Протестировать работы устройства и выявить оптимальные условия его работы.

Эффект Пельтье – термоэлектрическое явление переноса энергии при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников, от одного проводника к другому. Величина перемещенной энергии и направление ее переноса зависят от вида контактирующих веществ и от направления и силы протекающего электрического тока.

В 1834 году французский естествоиспытатель Жан-Шарль Пельтье открыл термоэлектрическое явление, суть которого заключается в том, что при прохождении электрического тока по разнородным проводникам в зоне контакта полупроводников выделяется или поглощается тепло (рис.59). На это влияет контактная разности потенциалов в проводниках. Важным условием является то, что проводники должны быть сделаны из разных материалов. И как результат, при увеличении кинетической энергии она превращается в тепловую [21; 20].



Рисунок 59. Устройство модульного элемента Пельтье

Несмотря на небольшую распространённость данного способа получения альтернативной электроэнергии, тем не менее, она находит применение в настоящее время. Эти элементы имеют достаточно низкий коэффициент полезного действия (КПД). Они используются в измерительной, вычислительной и бытовой технике. В каких устройствах их можно встретить:

- 1) мобильные холодильники;
- 2) генераторы электричества;
- 3) блоки охлаждения в КИ (персональных компьютерах) и ноутбуках;
- 4) бытовые водяные кулеры (охлаждение и нагрев воды);
- 5) осушители воздуха и др.

Незаменимая особенность элементов Пельтье в том, что они могут работать как для нагрева, так и для охлаждения (рис. 60). Это будет зависеть от того, что необходимо в данном конкретном случае. К недостаткам относится тот факт, что максимальная температура для термогенератора ограничена точкой плавления припоя, который используется в модуле.

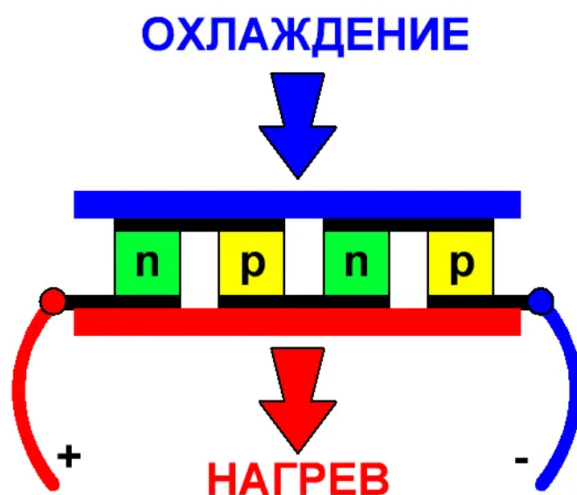


Рисунок 60. Принцип работы элемента Пельтье

А – горячая сторона термоэлемента, В – холодная сторона

Для создания зарядного устройства можно взять 6 пластин, соединить их в цепь, спаяв провода с помощью металла. Рассчитывается количество пластин

исходя из того, что один элемент Пельтье дает напряжение $\sim 1\text{В}$, а для зарядки телефона необходимо напряжение 5 В . К каждой пластине прикрепляют 2 алюминиевых радиатора: сверху и снизу, смазав место контакта термопастой для лучшего соприкосновения и теплопроводимости. Радиатор необходим для того, чтобы увеличить площадь нагрева и площадь охлаждения элементов. В получившуюся цепь добавляют стабилизатор напряжения и провод с USB-разъемом для подключения к телефону. Для усиления эффекта и получения большей разницы температур к элементам подключают кулер для обдувания воздухом. Получившуюся конструкцию закрепляют на основании, например на листе фанеры размером $25\text{ см} \cdot 25\text{ см}$.

На свободной поверхности основания устанавливают два датчика температуры, контролер температуры горячего и холодного радиатора, а также и цифровой мультиметр, показывающий напряжение и ток в цепи с точностью до сотых. Мультиметр позволит оценить эффективность процесса зарядки телефона. Сконструированное зарядное устройство, потенциально способное генерировать ток для зарядки смартфона.

Для проведения эксперимента подключаем телефон через USB-разъем стабилизатора и начинаем нагревать один радиатор.

Напряжение в собранной цепи создается за счет того, что на радиаторах, а соответственно, и на элементах Пельтье, создается разница температур. Первоначально измерим температуры на радиаторах «теплой» и «холодной» стороны. В начале эксперимента температура на них равна комнатной температуре, разница температур равна нулю, ток и напряжение в цепи отсутствуют (таблица 17).

Таблица 17 – Показатели работы зарядного устройства

Показатель	Температура холодного радиатора, °С	Температура горячего радиатора, °С	Разница температур, °С	Напряжение, В	Сила тока, А
От бытовой сети	-	-	-	5,00	0,88
До начала нагрева/охлаждения	24	24	0	0	0

Через 10 мин после начала нагрева/охлаждения	34	53	19	4,75	0,00
--	----	----	----	------	------

Далее, для получения тока и напряжения в цепи, нагревают радиатор с одной стороны, можно использовать древесный уголь из костра. Нагрев одной пластины, позволяет создать разницу температур, но при этом ток в цепи не появился, но мультиметр фиксирует появление на выходе напряжения. Полученного напряжения хватает для того, чтобы заработал вентилятор, установленный на второй стороне пластины (над охлаждающим радиатором). Это еще дополнительно увеличит разницу температур, а как следствие, напряжение на выходе.

Таким образом, зарядка телефона не происходит, но текущий заряд телефона поддерживался. Соответственно, для зарядки телефона в реальных условиях нужно создать разницу температур радиаторов, как показывает проводимый нами эксперимент больше, чем 19°C. А это требует внесения изменения в конструкцию

Для создания большей разности температур на охлаждаемый радиатор можно установить короб, который заполняется холодной водой в летнее время года и снегом зимой. Горячую сторону также как и раньше, будем нагревать на костре (или мангале), при этом для предохранения от перегрева, будем регулировать высоту (расстояние между зарядным устройством и костром (мангалом)), подкладывая веточки или другие подручные материалы, имитируя походные условия. Данные второй серии эксперимента представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Показатели работы зарядного устройства после усовершенствования

Время от начала эксперимента	Температура холодного радиатора, °C	Температура горячего радиатора, °C	Разница температур, °C	Напряжение на выходе стабилизатора, В	Ток зарядки, А
2 минуты	22,0	71,5	48,5	4,48	0,06
3 минуты	23,1	72,2	48,9	4,39	0,01
4 минуты	23,6	76,8	53,2	4,36	0,01

5 минут	24,1	71,0	46,9	4,38	0,01
6 минут	24,6	73,1	48,5	4,38	0,01
7 минут	25,3	69,5	44,2	4,37	0,01
8 минут	25,6	73,1	47,5	4,38	0,01

Зарядное устройство на элементах Пельтье эффективно работает при разности температуры больше 30°C, что возможно использовать зимой в походных условиях для зарядки сотового телефона.

Литература

1. Алексеева, И. Ю. Информационная компетентность, естественный интеллект и НБИКС-революция / И. Ю. Алексеева. – Текст: непосредственный // Информационное общество. – 2012. – № 5. – С. 9-15.
2. Андреев, А. С. Методы распознавания и сопровождения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / А. С. Андреев, А. В. Васильев, С. В. Кудряшов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2018. – Т. 61, № 10. – С. 883-889.
3. Бейкал Дж. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих/ Дж. Бейкал; пер. м англ. О.А. Трефиловой. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 394 с. : ил. – (РОБОФИШКИ)
4. Белоусов, А. О. Моделирование методики мотивации к техническому творчеству в конвергентном физическом образовании / А. О. Белоусов. – Текст: непосредственный // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 4(218). – С. 19-24. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2023.04.p19-25
5. Белоусов, А. О. Алгоритм деятельности учителя по формированию мотивации совместной деятельности в конвергентном физическом образовании / А. О. Белоусов. – Текст : непосредственный // Физика в школе. – 2023. – № 6. – С. 17-26. – DOI 10.47639/0130-5522_2023_6_17.
6. Беляева, В. В. Актуальные вопросы конвергентного подхода в преподавании географии в основной школе / В. В. Беляева. – Текст: электронный // Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». – Текст: электронный. – URL : <https://urok.1sept.ru/articles/674405> (дата обращения: 26.06.2021).
7. Блум, Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. / Д. Блум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 33 с. ил. . – Текст : непосредственный
8. Бобцов, А. А. Алгоритмы отслеживания малых беспилотных летательных аппаратов по данным многопозиционной радиолокационной системы / А. А. Бобцов, А. А. Пыркин, М. С. Никифоров. – Текст : непосредственный //

Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 125-132.

9. Бойков, В. И. Методы и средства управления движением мобильных робототехнических систем: монография / В. И. Бойков. – СПб.: Наука, 2014. – 288 с. . – Текст : непосредственный

10. Выготский, Л. С. Мышление и речь: психологические исследования / Л. С. Выготский. – Москва: Нац. образование, 2016. – 367 с. – Текст : непосредственный.

11. Горбов, С. Ф. Методическое пособие для учителя по использованию в учебном процессе информационного источника сложной структуры «Межпредметные физико-математические учебные модули в основной школе» / С. Ф. Горбов, В. А. Львовский, А. В. Морозова, Б. Д. Эльконин. – Текст : электронный. – URL : http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/12965a9d-708e-4453-95a0-fbe48f1ef3c7/%5BPH6-7_00%5D_%5BIM_01%5D.html (дата обращения: 21.05.2022).

12. Гукаленко, О. В. Поликультурное образование: теория и практика : монография / О. В. Гукаленко; Рос.акад. образования (Юж. отд-ние) [и др.]. – Ростов н/Д : РГПУ, 2003. – 510, [2] с. – Текст : непосредственный.

13. Давронов, И. Э. Некоторые аспекты интерпретации понятий «задание» и «упражнение» / И. Э. Давронов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2012. – № 8 (43). – С. 323-326.

14. Дойникова, Е. В. Имитационное моделирование в системах управления: учебно-методическое пособие / Е. В. Дойникова. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 92 с. – Текст : непосредственный

15. Захаренко, В. В. Интеграция знаний: модуль баланса / В. В. Захаренко, Л. А. Серафимов, В. Г. Айнштейн. – Текст : непосредственный // Высшее образование в России, 1994. – №1. – С. 173-185.

16. Исмагилов, Р. М. О конвергентном образовании / Р. М. Исмагилов // Концепт. – 2015. – Т. 13. – С. 351-355. – Текст: электронный. – URL : <http://e-koncept.ru/2015/85071.htm> (дата обращения: 15.06.2021).

17. Ковальчук, М. В. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития / М. В. Ковальчук, О. С. Нарайкин, Е. Б. Яцишина. – Текст : непосредственный // Вопросы философии. – 2013. – № 3. – С. 3-11.

18. Кудашов, В. И. Социальные технологии в обществе знания: когнитивные аспекты / В. И. Кудашов. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 4. – Вып. 1 (20). – С. 58–64.

19. Кузнецова, А. С. Визуализация информации как неотъемлемый этап компьютерного моделирования астрофизических объектов / А. С. Кузнецова, О. Р. Шефер, Т. Н. Лебедева. – Текст : непосредственный // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2024. – № 9. – С. 31-42. – DOI 10.36535/0548-0027-2024-09-4.

20. Кузнецова, А. С. Анализ результатов изучения температуры образования паровой пленки в эффекте Лейденфроста / А. С. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Проблемы современного физического образования : Сборник материалов VII Всероссийской научно-методической конференции, Уфа, 10–11 ноября 2023 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2023. – С. 107-110.

21. Лазаренко, Ф. В. Исследование эффекта Пельтье / Ф. В. Лазаренко, В. Ф. Суржиков, Е. Л. Антифеева. – Текст : непосредственный // Физическое образование в ВУЗах. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 37-39. – DOI 10.54965/16093143_2024_30_1_37.

22. Лебедева, Т. Н. Реализация конвергентного подхода в образовательной среде лица для мотивации обучающихся к научно-техническому творчеству: монография / Т. Н. Лебедева, О. Р. Шефер, А. О. Белоусов. – Челябинск : Южно-Уральский научный центр РАО, 2021. – 321 с. – Текст : непосредственный.

23. Леонтьев, А. Н. Проблемы развития психики / А. Н. Леонтьев. – 3-е изд. – Москва : Издательство Московского университета, 1972. – 573 с. – Текст : непосредственный.
24. Логинова, О. Б. Достижение планируемых результатов / О. Б. Логинова, С. Г. Яковлева. – Текст : непосредственный // Начальная школа. – 2012. – №9. – С 4-13.
25. Логинова, О. Б. Достижение планируемых результатов / О. Б. Логинова, С. Г. Яковлева. – Текст : непосредственный // Начальная школа – 2013. – № 6. – С. 4-14.
26. Маматова, Н. А. Теории инноваций: учеб.пособие / Н. А. Маматова, А. В. Маматов. – Белгород : ИД «Белгород», НИУ «БелГУ», 2017 – 100 с. – Текст : непосредственный.
27. Макаров, И. М. Робототехника. История и перспективы / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – Москва : Наука, МАИ, 2003. – 352 с. – Текст : непосредственный
28. Макаров, И. М. Робототехника. История и перспективы / И. М. Макаров, В.М. Лохин, С. В. Манько, М. П. Романов. – Москва : Наука, 1989. – 368 с. – Текст : непосредственный
29. Метепредметный подход в обучении школьников: Методические рекомендации для педагогов общеобразовательных школ / Авт.-сост. С. В. Галян. – Сургут : РИО СурГПУ, 2014. – 64 с. – Текст : непосредственный.
30. Новиков, А. М. Методология / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – Москва : СИНТЕГ, 2007. – 668 с. – Текст : непосредственный.
31. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б. М. Бим-Бад ; редкол. : М. М. Безруких, В. А. Болотов, Л. С. Глебова и др. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 2009. – 226 с. – Текст : непосредственный.
32. Пономарев, Я. А. Психология творчества и педагогика / Я. А. Пономарев. – Москва : Педагогика, 1976. – 280 с. – Текст : непосредственный
33. Розиков, О. Р. Теоретические основы оптимального применения си-

стемы учебных задач в обучении школьников: (На материалах гуманитар. предметов) : 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / ОчилРозиков; Тбил. Гос. ун-т. – Тбилиси, 1988. – 50 с. – Текст : непосредственный.

34. Свечкарев, В. П. Конвергентное образование на основе когнитивных технологий / В. П. Свечкарев. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1. – Ч. 2. – С. 2007–2015.

35. Талызина, Н. Ф. Педагогическая психология: учеб. пособие для студентов сред. пед. учеб. заведений / Н. Ф. Талызина. – Москва : Академия, 1998. – 288 с. – Текст : непосредственный.

36. Уман, А. И. Теоретические основы технологического подхода в дидактической подготовке учителя : специальность 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» : диссертация на соискания степени доктора педагогических наук / Аркадий Ильич Уман; Орловский гос. пед. ун-т. – Москва, 1996. – 402 с. – Текст : непосредственный.

37. Фридман, Л. М. Педагогический опыт глазами психолога: Кн. для учителя / Л. М. Фридман. – Москва : Просвещение, 1987. – 224 с. – (Психологическая наука – школе). – Текст : непосредственный.

38. Хуторской, А. В. Методика личностно-ориентированного обучения. Как обучат всех по-разному? / А. В. Хуторской : пособие для учителя. – Москва: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2005. – 383 с. – Текст : непосредственный

39. Шевченко, Ю. С. Конвергенция науки, технологий и человека : философский анализ : специальность 09.00.08 : автореферат диссертации на соискания степени кандидата философских наук / Юлия Сергеевна Шевченко; [Место защиты: Юж. федер. ун-т]. – Ростов-на-Дону, 2014. – 27 с. – Текст : непосредственный.

40. Шефер, О. Р. Комплексные задачи по физике как средства достижения обучающимися метапредметных и предметных результатов / О. Р. Шефер, Ю. Г.

Ваганова. – Челябинск : Край Ра, 2014. – 196 с. – ISBN 978-5-905251-57-3.

41. Шогенов, А. А. Интеграционные процессы как фактор развития образовательного пространства поликультурного региона : 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» : автореферат диссертации на соискание степени доктора педагогических наук / Ахмед Амдулкеримович Шогенов; [Место защиты: Ин-т теории и истории педагогики РАО]. – Москва, 2008. – 45 с. – Текст : непосредственный.

42. Эльконин, Д. Б. Избранные психологические труды / Д. Б. Эльконин. – Москва : Педагогика, 1989. – 560 с. – Текст : непосредственный.

43. WaterlilyTurbineEnergyAnywhere – Текст: электронный. – URL : <https://www.waterlilyturbine.com/> (дата обращения: 15.06.2023).

Учебное издание

А.О. Белоусов, О.Р. Шефер

Сборник
конвергентных заданий
по физике

Учебное пособие

Подписано в печать 06.06.2025
Объем усл. печ. л. 6,86. Формат 60×84 1/16
Тираж 500 экз. Бумага офсетная Заказ № 302.

Учебная типография Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический университет.
454080 Челябинск, проспект Ленина, 69.