

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №1» г. Поляны

Согласовано:

Заместитель директора
« 23 » августа 2023г.
Брицкая О.В.



Утверждено:

Директор МАОУ СОШ №1
« 23 » августа 2023г.
Класова Н.А.

Дополнительная общеразвивающая программа
«Математические основы
технологии беспроводной связи»

для классов: 8 «А,Б,В»
12 часов

Направление: техническое

Срок реализации: 1 год

Программа составлена: Петрачкова И.А., учитель математики

Поляны
2023-2024

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеразвивающая программа технической направленности «Алгоритмы кодирования в технологии беспроводной связи» разработана на основе базовой образовательной программы по НТО по направлению ТБС. В основу базовой образовательной программы положено содержание профиля, разработанное для проведения отборочных и заключительных этапов олимпиады и подготовительных мероприятий прошедших сезонов: задачи отборочных этапов и финалов, теоретические материалы и лекции, разборы заданий, модули образовательных курсов, практикумы и хакатоны. Базовая образовательная программа позволяет структурировано знакомить учащихся с основами направления “Технологии беспроводной связи”, знакомя учащихся с основными теоретическими материалами, а также задачами 2 тура по профилю.

Программа направлена на планомерную подготовку учащихся к участию в соревнованиях по профилю “Технологии беспроводной связи” Национальной технологической олимпиады (ранее Олимпиады КД НТИ).

В настоящий момент развития технологий все большее значение имеют технологии передачи больших зашифрованных массивов данных, в рамках которых при обмене сравнительно небольшими динамически изменяющимися ключами можно осуществлять доверенное шифрование и дешифрование. Задачи профиля связаны с актуальными задачами систем связи, включая вопросы помехоустойчивого кодирования, передачи информации в условиях шумов, работы с различными форматами данных, разработки адаптивной системы слежения, создание собственных протоколов связи. Ключевые области применения связаны с Космосом, промышленным интернетом вещей, подводной и мобильной робототехникой, каналами связи для роевых устройств. Задачи профиля на всех этапах составлены таким образом, что для их решения требуются знания не только школьного уровня, но и углубленные знания в области программирования, математики и геометрии, а также азы по помехоустойчивому кодированию. От этапа к этапу увеличивается, как сложность задач, так и их специфика. По мере продвижения команд к финальному испытанию проводятся вебинары, хакатоны, предоставляются дополнительные методические материалы по сложным темам.

Методики разработаны таким образом, чтобы снизить требования к специальной подготовке преподавателей при сохранении глубины и качества погружения в сложную, мультидисциплинарную предметную область. Программы построены по принципу последовательного движения от десакрализации основных понятий к актуальному технологическому стеку с глубоким изучением основ физики и освоением задач в области технологий беспроводной связи, информатики, кодирования и декодирования сигналов, математических методов.

Цель образовательной программы - является ознакомление с областью знаний технологии беспроводной связи, ее практическими применениями в различных сферах, развитие математического, алгоритмического, инженерного и проектного мышления.

Задачи образовательной программы

- Изучить основные понятия технологий беспроводной связи: кодирование и декодирование, помехозащищенные коды, информация, цифровая и аналоговая передача, методы исследования каналов связи и обработки сигналов, методы борьбы с шумами.
- Сформировать навыки по помехоустойчивому кодированию в системах связи.
- Сформировать навыки работы с бинарными файлами - байтами и битами.
- Сформировать навыки работы с анализом информации разных типов: графической, текстовой.
- Сформировать навыки сотрудничества со сверстниками в образовательной, учебно-исследовательской деятельности;
- Сформировать сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- Сформировать мотивацию к изучению и исследованию;
- Сформировать мировоззрение, соответствующее современному уровню развития технологий беспроводной связи.

Уровень программы – базовый.

Возраст детей: 8 класс.

Срок реализации: 12 часов

Режим занятий Участие в очных (возможен дистанционный формат) занятиях кружка, продолжительностью 2 академических часа (90 минут) 1 раз в неделю.

Форма обучения – очная.

Формы проведения занятий:

- Работа с преподавателем
- Участие в семинарах.
- Участие в хакатонах.

Форма организации занятий – групповая.

Наполняемость одного занятия – 15 человек.

Форма аттестации – просмотр работ обучающихся, устный опрос.

Вид оценочной системы – уровневый. **Уровни:** высокий, средний, низкий.

Общая продолжительность: 4 месяца.

Общая трудоемкость: 32 часа.

Входные требования к знаниям, умениям и навыкам:

Для решения задач необходимы **разделы информатики**, посвященные следующим темам: обработка простых массивов данных, работа с чтением/записью файлов, работа с матрицами, работа с циклами условиями, различными системами счисления, способность работать с рядами данных, выявление периодичностей в данных, использование рекурсивных алгоритмов, работа с организацией стека памяти, грамотное использование функциональной декомпозиции, разработка оптимальных алгоритмов, построение прямой в растровой графике, использование условного и циклического оператора.

Для решения задач необходимы **разделы математики**, посвященные следующим темам: алгебраический анализ данных, теория вероятностей, комбинаторика, теория информации, геометрии, работа с тригонометрическими функциями, базовые знания их планиметрии, алгебраическая запись декартовой метрики для плоскости, алгебраические вычисления в различных системах счисления.

Для решения задач требуются не только школьные знания, но и факультативные знания, доступные школьнику.

Планируемые результаты освоения программы:

Планируемые предметные результаты

- знакомство с основными понятиями технологий беспроводной связи: кодирование и декодирование, помехозащищенные коды, информация, цифровая и аналоговая передача, методы исследования каналов связи и обработки сигналов, методы борьбы с шумами.
- навыки по помехоустойчивому кодированию.
- навыки работы с бинарными файлами - байтами и битами.
- навыки работы с анализом информации разных типов: графической, текстовой.
- навыки работы со статистикой и теорией вероятности.

Метапредметные результаты обучения:

- умение самостоятельно планировать пути достижения целей, развивать способности дробить задачу на этапы, выполнять и отлаживать каждый последовательно, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач;
- умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности её решения;
- формирование и развитие компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий;

Личностные результаты обучения:

- формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития интеллектуальных энергетических систем
- формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками, взрослыми в процессе образовательной деятельности;
- формирование сознательного отношения к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности.

Календарно-тематическое планирование

Тема	Информатика	Физика	Математика
Образовательный семинар “Что такое информация и какое значение имеет информация? Базовые понятия беспроводных технологий связи”	2	2	2
Образовательный семинар “Сигналы, шумы и помехи. Автокорреляционная функция. Спектральный подход.”	2	2	2
Семинар по решению задач на тему: “Анализ данных”	2	2	2
Образовательный семинар “Отношение Сигнал/Шум. Кодирование сигнала”	2	2	2
Семинар по решению задач на тему: “Кодирование/Декодирование”	2	2	2
Образовательный семинар “Представление сигналов. Метод наименьших квадратов”	2	2	2

Семинар по решению задач на тему: “Алгоритмы”	2	2	2
Образовательный семинар “Линейные блочные коды. Кодирование. Декодирование”	2	2	2
Семинар по решению задач на тему: “Анализ кода”	2	2	2
Образовательный семинар “Каналы связи. Проблема помехоустойчивого кодирования”	2	2	2
Семинар по решению задач на тему: “Канал связи”	2	2	2
Образовательный семинар “Спутниковые каналы связи. Алгоритмы слежения за спутником”	2	2	2
Семинар по решению задач на тему: “Автономное управление”	2	2	2
Образовательный семинар “Диаграмма направленности. Коэффициент направленного действия”	2	2	2
Образовательный семинар “Узконаправленные каналы связи. Протоколы спутниковой связи”	2	2	2
Образовательный семинар “Интернет вещей. Профессии будущего”	2	2	2
Итого часов:	32 часа	32 часа	32 часа

Содержание курса

Наименование тем	Содержание	Виды учебных занятий, учебных работ
Образовательный семинар “Что такое информация и какое значение имеет информация? Базовые понятия беспроводных технологий связи”	Что такое информация, что такое связь, что такое сигнал? Как соединить логику, мышление в подходах программиста и человека,	образовательный семинар, тесты на

	<p>который занимается системами связи?</p> <p>Рассмотрение основных базовых понятий и более подробно механизма беспроводной передачи данных.</p> <p>Какие сейчас есть тренды в области «космического» интернета.</p>	самопроверку
<p>Образовательный семинар “Сигналы, шумы и помехи. Автокорреляционная функция. Спектральный подход”</p>	<p>Передача сигнала по каналу связи всегда сопровождается шумами и помехами. Очень важно принимать сигнал в исходном виде. Один из способов такого детектирования - корреляционный приём.</p> <p>Кроме привычного временного представления сигналов широко используется описание сигналов функциями частоты. Что такое сигнал с физической точки зрения и какова его структура? Каким образом передается сигнал? Чем вызван переход в диапазоны частот 5G?</p>	образовательный семинар, тесты на самопроверку
<p>Семинар по решению задач на тему: “Анализ данных”</p>	<p>Информация – главный ресурс, с которым мы работаем на этом профиле, и важно уметь анализировать и обрабатывать её в зависимости от задачи. При работе с этим разделом важно обращать внимание на формат данных, так как их представление может быть крайне разнообразно.</p>	семинар по решению задач
<p>Образовательный семинар “Отношение Сигнал/Шум. Кодирование сигнала”</p>	<p>Отношение сигнал/шум- важное понятие в радиофизике, которое определяет дальность радиосвязи и является показателем качества и основной характеристикой передачи сигнала.</p> <p>Присутствие шума, сторонних помех приводит к тому, что принятый сигнал искажается. Рассмотрение помехоустойчивого кода, позволяющего обнаруживать и исправлять однократную ошибку и при этом обнаруживать двукратную ошибку.</p>	образовательный семинар, тесты на самопроверку

Семинар по решению задач на тему: “Кодирование/Декодирование”	Во время финальной задачи потребуется реализовать алгоритмы кодирования и декодирования, и особенности этих процессов проявлены в задачах этого раздела, начиная использованием уже готовых кодов, так и разработкой собственных алгоритмов для частных проблем передачи данных.	семинар по решению задач
Образовательный семинар “Представление сигналов. Метод наименьших квадратов”	Чтобы понять, как среда распространения влияет на сигнал, проще использовать спектральное представление сигнала. При этом важно учитывать, что всякая среда имеет свои дисперсионные свойства. При решении задач нахождение углового вращения шестеренок стенда ОВКС, используется так называемый «метод наименьших квадратов». Что же это за метод, как он работает?	образовательный семинар, тесты на самопроверку
Семинар по решению задач на тему: “Алгоритмы”	Финальная задача предполагает написание программного кода, и здесь важную роль играет навык разработки алгоритмов, равно как и поиска подходящих типовых. На проработку этих навыков и рассчитаны задачи раздела «Алгоритмы». При работе с ними важно делать акцент на информационном поиске и умении выявить типовую подзадачу.	семинар по решению задач
Образовательный семинар “Линейные блочные коды. Кодирование. Декодирование”	Линейные коды достаточно распространены, их много разнообразных вариаций. Примером линейного блочного кода является код Хемминга. Закодированный сигнал можно получить с помощью матрицы генератора. Рассмотрите, как декодировать сигнал, который прошел по каналу связи и был получен на входе декодера.	образовательный семинар, тесты на самопроверку
Семинар по решению задач на тему: “Анализ кода”	Правильный выбор кода в зависимости от задачи даёт	семинар по решению

	половину решения. Эти задачи позволят рассмотреть коды в разных аспектах, увидеть типичные проблемы и, как следствие, более осознанно и осмысленно подойти к этой части финальной задачи.	задач
Образовательный семинар “Каналы связи. Проблема помехоустойчивого кодирования”	По каким характеристикам можно разделить каналы связи? Как происходит передача информации? Какие проблемы возникают при передаче сообщений, закодированных помехоустойчивым кодом?	образовательный семинар, тесты на самопроверку
Семинар по решению задач на тему: “Канал связи”	Одна из составляющих процесса передачи данных — канал связи, обладающий своими характеристиками. Этот раздел содержит задачи, связанные с анализом этих характеристик, в основном отражённых в вероятностной форме. Поэтому при решении этих задач понадобятся как минимум базовые знания теории вероятностей.	семинар по решению задач
Образовательный семинар “Спутниковые каналы связи. Алгоритмы слежения за спутником”	Спутниковые каналы связи (или коротко — спутниковая связь) как очень перспективное направление. Какие алгоритмы наблюдения и сопровождения спутников используются в практике на сегодняшний день?	образовательный семинар, тесты на самопроверку
Семинар по решению задач на тему: “Автономное управление”	Часть финальной задачи составляет разработка алгоритма автономного управления спутником, качество которого напрямую влияет на общий результат, поэтому важно понимать принципы автономности и обладать навыками создания самостоятельных алгоритмов. Хотя в некоторой степени это характерно для всех задач, задачи этого раздела направлены именно на автономику.	семинар по решению задач
Образовательный семинар “Диаграмма направленности.	Любая антенна характеризуется своим коэффициентом усиления и диаграммой направленности, это	образовательный семинар,

<p>Коэффициент направленного действия”</p>	<p>очень важные характеристики. Разговор о важных характеристиках антенны, таких как коэффициент направленного действия и коэффициент усиления.</p>	<p>тесты на самопроверку</p>
<p>Образовательный семинар “Узконаправленные каналы связи. Протоколы спутниковой связи”</p>	<p>Проблемы дальней связи актуальны в современном мире. С развитием технологий создаются все новые космические аппараты, получение и передача данных с удаленных аппаратов становится очень востребованной и все больше повышаются требования к качеству связи. Протоколы спутниковой связи – очень интересная тема, которая динамично развивается. Разговор о протоколах спутниковой связи и проследим процесс того, как организуется протокол передачи данных.</p>	<p>образовательный семинар, тесты на самопроверку</p>
<p>Образовательный семинар “Интернет вещей. Профессии будущего”</p>	<p>Разговор о том, что такое интернет вещей, о некоторых мифах, которые вокруг него существуют, и о некоторых смыслах, которые до определенной степени расширяют структуру представления об интернете вещей и позволяют взглянуть на него немного шире. Разговор о том, как задачи сегодняшнего дня связаны с профессиями ближайшего будущего. Задачи сегодняшнего дня: на программирование, на изготовление шестеренок, на управление радаром, который следит за спутником, на написание помехоустойчивого кода, на кодирование и декодирование передаваемых файлов, на изучение характеристик сигнала, на понимание того, чем отличаются разные типы кода друг от друга, на понимание интегральных и дифференциальных составляющих сигналов, на самом деле теснейшим образом связаны с профессиями ближайшего будущего.</p>	<p>образовательный семинар, тесты на самопроверку</p>

Контрольно-измерительные материалы

- Тест самопроверки по теме [«Что такое информация и какое значение имеет информация?»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Базовые понятия технологий беспроводной связи»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Сигналы, шумы и помехи. Автокорреляционная функция»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Автокорреляционная функция. Спектральный подход»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Отношение Сигнал/Шум»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Кодирование сигнала»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Представление сигналов»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Метод наименьших квадратов»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Линейные блочные коды. Кодирование»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Линейные блочные коды. Декодирование»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Каналы связи»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Проблемы помехоустойчивого кодирования»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Спутниковые каналы связи»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Алгоритмы слежения за спутником»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Диаграмма направленности»](#)
- Тест самопроверки по теме [«КНД»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Узконаправленные каналы связи»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Протоколы спутниковой связи»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Интернет вещей»](#)
- Тест самопроверки по теме [«Профессии будущего»](#)

Список рекомендованной литературы

1. Статья “Помехоустойчивое кодирование с использованием различных кодов” <https://habr.com/ru/post/111336/>
2. Статья “Коды Рида-Соломона. Часть 1 — теория простым языком” <https://habr.com/ru/company/yadro/blog/336286/>
3. Статья “Коды Рида-Соломона. Часть 2 — арифметика полей Галуа” <https://habrahabr.ru/company/yadro/blog/341506/> ;
4. Видео “Коды Хэмминга — Григорий Кабатянский”. Что привело Хэмминга к созданию его знаменитых кодов? <https://www.youtube.com/watch?v=DycYyYBwb9E;>
5. Аппроксимация функции <http://libraryno.ru/3-3-approksimaciya-funkcii-matmodosipkina/>
6. Статья “Методы сжатия данных” <https://habr.com/ru/post/251295/>
7. Обзор методов сжатия данных <http://www.compression.ru/arctest/descript/methods.htm>

8. Статья “Сжатие данных в примерах”
<https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-compr/index.html>
9. Статья “Нежное введение в автокорреляцию и частичную автокорреляцию”
<https://www.machinelearningmastery.ru/gentle-introduction-autocorrelation-partial-autocorrelation/>
10. Видео “Основы ЦОС: Корреляционная функция”
<https://www.youtube.com/watch?v=SR2ettkhmio>
11. Программирование на Python (<https://stepik.org/course/67/promo>) — достаточная база, особое внимание урокам 3.8 и 3.9.
12. Программирование на Python для решения олимпиадных задач (<https://stepik.org/course/66634/promo>) — наиболее сбалансирован по глубине, особое внимание третьему модулю.
13. Python: основы и применение (<https://stepik.org/course/512/promo>) — затрагивает некоторые глубокие особенности языка, но нет уроков по библиотекам обработки данных.
14. Пособие Б.В. Керниган, Д.М. Ричи. “Язык СИ”
<https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/9058/kr.pdf>
15. Программирование на языке C++ для решения олимпиадных задач
<https://stepik.org/course/66646/promo>
16. УРОК J-15. ФОРМАТИРОВАНИЕ ЧИСЕЛ И ТЕКСТА В JAVA <http://study-java.ru/>
17. Курс “Введение в машинное обучение” <https://www.coursera.org/learn/vvedenie-mashinnoe-obuchenie>
18. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации – 2006 – №4. – с. 66-67
<https://www.cta.ru/cms/f/342946.pdf>
19. Линник Ю.В. Способ наименьших квадратов и основы теорий обработки наблюдений. М.: Физматгиз, 1962 - 349с.
20. Кларк Дж. мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.
21. Драбкин, А. Л. Антенны / А. Л. Драбкин, Е. Б. Коренберг. – М.: Радио и связь, 1992. – 144 с.
22. Фельд, Я. Н. Основы теории антенн / Я. Н. Фельд, Л. С. Бененсон. – М.: Дрофа, 2007. – 491 с.
23. К.Ю. Поляков // ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ «ЧАЙНИКОВ» - 2008. - 80 с.
<https://drive.google.com/file/d/1S7EeWUI3ERtq3HbbS519MIIIm8asdz8ZA/view?usp=sharing>
24. Березюк Н.Г. // Кодирование информации (двоичные коды) / А. Г. Андрущенко, С.С. Мощицкий, В.И. Глушков, М.М. Бекеша, В.А. Гаврилов - Харьков: Издательство при государственном университете издательского объединения “Вища школа”. - 1987. - 250 с.

25. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ Ю.Б. Зубарев, д.т.н., член-корр. РАН, Г.В. Овечкин, к.т.н., доцент РГРТУ
<https://drive.google.com/file/d/1MVcjAWrrkVywuCRLqTHO1s8ay27V9J7o/view?usp=sharing>
26. В.ЛАНГЕ. Сколько стоит запуск спутника?/ Статья журнал "Квант" 2002/ №5
<http://kvant.mccme.ru/pdf/2002/05/kv0502lange.pdf>
27. Ю.Манюшкин, А.СТАСЕНКО. Интерференция на Островах Синего Мыса./ Статья журнал "Квант" 1998/ №1
<http://kvant.mccme.ru/pdf/1998/01/kv0198manoshkin.pdf>
28. А.И. Королев. Коды и устройства помехоустойчивого кодирования информации. Мн.: 2002. - 286 с.
https://drive.google.com/file/d/1PFBpDTDSnTGITEKfDfiPWOf5_KV-mbNQ/view?usp=sharing
29. Брит Круз. Восьмая серия из раздела "Современная теория информации" на Академии Хана
<https://drive.google.com/file/d/1hGhHWHtCbhF6gHn7zz0J7kieHnYns7K4/view?usp=sharing>
30. Алгоритм кодирования и обнаружения ошибки кодом Хемминга
https://drive.google.com/file/d/1rYeosZP_lrl-SCDO2dwGd1Oq6X5bizfj/view?usp=sharing
31. М. Гарднер. От мозаек Пенроуза к надежным шифрам: Пер. с англ.: -М.:Мир, 1993,-416 с.
<https://drive.google.com/file/d/1ZrC3tUaKIQRlnJdXh4Q3pulCNfoTm6dy/view?usp=sharing>
32. П. М. Ширяев, Сравнение кода Голея с алгеброгеометрическим кодом, ПДМ, 2015, номер 4(30), 77–82 <https://drive.google.com/file/d/1J42ZI8rv7kOdj5uz28W-GaUm-BPjkrvs/view?usp=sharing>
33. Сагалович Ю.Л. Введение в алгебраические коды.
https://drive.google.com/file/d/1NHу_L41b8orYFUUeyjRtB3mJKPxOzUBN/view?usp=sharing
34. Рафаилов А., Как излучать радиоволны? Статья журнал "Квант" 1991/ №11
http://kvant.mccme.ru/1991/11/kak_izluchat_radiovolny.htm
35. Баканина Л., Интерференция волн. Статья журнал "Квант" 1983/ №5
http://kvant.mccme.ru/1983/05/interferenciya_voln.htm
36. Код Хемминга, лекция https://drive.google.com/file/d/1FkJ0Mfuid7FgTVn-fLAfFNQo62Zy_N/view?usp=sharing
37. Pulsar-Based Spacecraft Navigation System One Step Closer to Reality
https://www.spacedaily.com/reports/Pulsar_Based_Spacecraft_Navigation_System_One_Step_Closer_to_Reality_999.html

Сборники прошлых лет

1. Методическое пособие Том 22: Профиль «Технологии беспроводной связи», командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Кружкового

движение Национальной технологической инициативы». Учебно-методическое пособие (в 30 томах). — М.: Типография «Ваш Формат», 2021. — ISBN 978-5-00147-298-8. <https://drive.google.com/file/d/1M9wmIjXm1MjHOriLz-ns1NpbixWu8dCc/view?usp=sharing>

2. Методическое пособие Том 22: Профиль «Технологии беспроводной связи», командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Кружкового движения Национальной технологической инициативы». Учебно-методическое пособие (в 28 томах). – М.: Типография «Ваш Формат», 2020. – ISBN 978-5-00147-206-3. <https://drive.google.com/file/d/14WN80Kmh8nJCaBB8KEPlxuRaop-eNFgm/view?usp=sharing>

3. Методическое пособие Том 14: Профиль «Технологии беспроводной связи». Командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Национальной технологической инициативы». Учебно-методическое пособие (в 20 томах). – М.: Типография «Ваш Формат», 2019. – ISBN 978-5-00147-027-4. <https://drive.google.com/open?id=1QomB7AhrIcBL55RSbbIPluchONfD4uGP>

4. Учебно-методическое пособие (в 17 томах) Том 15: Профиль «Технологии беспроводной связи». Командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Национальной технологической инициативы». Учебно-методическое пособие (в 17 томах) – М.: Типография «Ваш Формат», 2018. ISBN 978-5-906982-88-9. http://old.nti-contest.ru/wp-content/uploads/compilations/7%20-%20D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%A2%D0%91%D0%A1.pdf?_gl=1*2034bl*_ga*NDE2MDQ3MjA2LjE1OTYwOTUyOTQ.*_ga_Q2VTLRFTKB*MTYyMzczNDAYNi4yLjEuMTYyMzczNDM1MS42&_ga=2.263939468.1047499211.1623728409-416047206.1596095294

5. Методическое пособие Том 10: «Технологии беспроводной связи». Командная инженерная олимпиада школьников «Олимпиада Национальной технологической инициативы». Учебно-методическое пособие (в 12 томах) // Группа авторов под редакцией Николаенко А.В. – М.: Типография «Ваш Формат», 2017. ISBN 978-5-9500065-5-5. <https://drive.google.com/file/d/0B0X30BfOmpvzTWRPandkMExUQ3M/view?resourcekey=0-nPsm5mvEbhgbWB4DRGrxsw>