

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
ЦЕНТР ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА



Утверждаю:
Директор ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ
/ Талова Т.М.
«04» марта 2019 г.

Согласовано:
Методический совет
от «04» марта 2019 г.
Протокол № 17/01-57

Техническая направленность

Дополнительная общеобразовательная
общеразвивающая программа

**«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

Возраст обучающихся: 14-18 лет
Срок реализации: 3 года

Автор:
Цветков Дмитрий Юрьевич,
педагог дополнительного
образования

г. Ярославль
2019 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Пояснительная записка.....	5
1.1. Цели и задачи.....	7
1.2. Ожидаемые результаты	7
1.3. Особенности организации учебного процесса и способы отслеживания результативности.....	8
2. Тематическое планирование, Содержание и организация учебного процесса.....	15
2.1. Тематический план и содержание периода начального обучения (1 уровень, 1 модуль).....	16
2.1. Тематический план и содержание периода начального обучения (1 уровень, 2 модуль).....	17
2.2. Структура углублённого обучения (второй и третий год обучения)	21
2.2.1. Тематический план и содержание периода углублённого обучения (2-ой год обучения, учебный блок, 180 часов).....	22
2.2.2. Тематический план и содержание периода углублённого обучения (3-ий год обучения, учебный блок, 108 часов).....	25
2.2.3. Проектная деятельность	26
3. Обеспечение программы	28
3.1. Методическое обеспечение	28
3.2. Дидактическое и материально-техническое	28
4. Техника безопасности.....	29
5. Список литературы	30
5.1. Нормативно-правовые документы	30
5.2. Информационные ресурсы для педагогов и обучающихся.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая программа рассчитана на освоение в течение трёх лет обучающимися 14-18 летнего возраста в объединении радиоэлектроники в учреждении дополнительного образования.

Программа обучения разделена на четыре модуля. Первый модуль - это теоретическое обучение основам аналоговой электроники и схемотехники, радиоизмерительными приборами, рассчитанный на обучающихся первого года занятий, не имеющих данных навыков. Первый модуль предполагает выполнение определенных заданий преподавателя, общих для всех обучающихся, что позволяет внести как оценочный, так и соревновательный элемент в процесс обучения. В конце первого модуля осуществляется промежуточная аттестация в форме тестовой работы, по результатам которой принимается решение о переводе обучающихся на второй модуль.

Второй модуль является практическим продолжением первого модуля. Обучающиеся знакомятся с паяльным и монтажным инструментом, выполняют первые проектные работы по разработке и монтажу печатных плат. В конце второго модуля также осуществляется промежуточная аттестация в форме итоговой контрольной работы, по результатам которой, а также на основании рейтинговой оценки работы в течение года принимается решение о переводе обучающихся на третий модуль.

Третий модуль – более углубленное изучение радиотехники и радиоэлектроники с выявлением и развитием индивидуальных творческих способностей обучающихся, рассчитан на обучающихся первого года занятий, владеющих необходимыми основными знаниями, а также на обучающихся второго года занятий. В данном модуле больше внимания уделяется исследовательской работе, индивидуальному подбору заданий с учетом интересов обучающихся (звукотехника, светотехника и т.д.), а также самостоятельной отладке изготовленных устройств.

Четвертый модуль – знакомство с цифровой техникой, микроконтроллерами, робототехникой, системами нейроуправления, обучение основам программирования, инженерного проектирования, 3D-моделирования. Материал образовательной программы этого модуля осваивается в течение третьего года обучения и далее, и предусматривает углубление индивидуального подхода как при выборе поставленных задач, так и при их реализации.

Каждый модуль является обособленным разделом обучения. Освоив материал текущего модуля, обучающийся по своему желанию может продолжить обучение по программе следующего модуля.

Обучающиеся полностью освоившие содержание образовательной программы и проявляющие активный интерес к совершенствованию своих умений и навыков, освоению новых знаний в сфере радиоэлектроники могут продолжать обучение по индивидуальным образовательным маршрутам.

В имеющихся типовых программах радиотехническое конструирование рассматривается, как правило, с точки зрения общей схемотехники, т.е.

электрического макетирования ограниченного количества электронных устройств, чаще всего с использованием устаревшей материальной базы. Не уделяется внимание приобретению практических навыков при изготовлении законченных конструкций приборов и радиотехнических устройств, а также вопросам дизайнерской проработки конструкций. Не выделяется индивидуальный подход к каждому обучающемуся, что особенно важно на заключительном этапе обучения.

Данная программа, в отличие от типовых, разработана на основе комплексного подхода к радиотехническому конструированию, как с точки зрения теоретической схемотехники, так и конструкторского дизайна, с учетом индивидуальных способностей и интересов обучающимся.

Особенностью программы является также углубленное изучение методов схемотехники с использованием систем автоматизированного проектирования и освоение работы с микроконтроллерными и нейрокомпьютерными системами управления, широкое использование вычислительных и программных средств.

Программа обучения в течение нескольких лет апробирована в объединении радиоэлектроники ГОАУ ЯО ЦДЮТТ.

Обучающиеся по данной программе неоднократно становились победителями и призерами различных региональных и всероссийских конкурсов, а также чемпионатов профессионального мастерства JuniorSkills, WorldSkills Russia, ЮниорПрофи, Национальных чемпионатов корпораций.

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа разработана в соответствии с Федеральным законом от 29.12.12 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 09 ноября 2018 г. № 196 г. Москва «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»; Концепцией развития дополнительного образования детей в Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 4.09.2014 г. № 1726-р; санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами 2.4.4.3172-14 «Требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 04.07.2014 г. № 41); Государственной программой РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 295; Стратегией инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 года № 2227-р; Федеральной целевой программой развития образования на 2016-2020 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 23.05.2015 года № 497; Уставом ГОАУ ДО ЯО Центра детско-юношеского технического творчества.

Программа относится к **технической** направленности.

Интенсивность технического прогресса в современном мире присутствует во всех технологических и информационно-коммуникационных сферах. Сейчас практически невозможно найти сферу деятельности, где бы не применялись радиотехника и электроника. Трудно представить какую-либо отрасль промышленности, строительства, транспорта, а также торговлю и сферу обслуживания без надежной связи и систем управления, без компьютерной техники и радиотехнической охраны.

В последнее время наблюдается развитие современных биологических, медицинских и инженерных технологий в области нейробиологии, нейрохирургии и нейроуправления.

Радиоэлектроника и радиотехника окружают нас повсюду. Это не только всевозможные аудио и видеосистемы, но также холодильники с электронным управлением, швейные и стиральные машины с программным управлением, электронные средства связи, защиты и сигнализации, нейробиологии и нейрохирургии.

Столь плотное окружение электроникой требует знаний потребительских качеств используемой радиотехнической аппаратуры и электронного оборудования, а также даёт возможность понять и изучить принцип действия различных радиоэлектронных устройств. И как следствие открывает перспективу найти себе место либо как специалиста-эксплуатационника всевозможных радиотехнических средств, либо как специалиста-разработчика радиоэлектронной аппаратуры, либо как

специалиста, осуществляющего поверку, ремонт и восстановление радиоэлектронной техники.

Данная программа обучения предполагает дать обучающимся начальные теоретические знания в области электроники, радиотехники, робототехники, интеллектуальных систем управления, включая нейрокомпьютерные, а также первоначальные профессиональные навыки в монтаже и отладке электронных схем, навыки по ремонту бытовой радиотехнической и вычислительной аппаратуры, а также выявить и развить их творческие способности в области радиотехнического конструирования.

Занятия в объединении радиоэлектроники являются одним из самых сложных видов технического творчества обучающихся. Они требуют от обучающихся не только углубленных знаний в области физики и математики при занятиях схемотехникой, экспериментальной проверки и отработки на макетах различных электронных схем, но также творческих способностей как конструктора-дизайнера при создании законченных конструкций различных электронных приборов. От обучающихся требуются математические и логические навыки при отладке изготовленных устройств, при выявлении допущенных ошибок при изготовлении электронной платы и монтаже радиокомпонент.

Ввиду такой сложности занятий радиотехническим конструированием программа предназначена для обучающихся средних и старших классов общеобразовательных школ. Так первый, базовый, уровень (первый и второй модуль программы) рассчитан на школьников 8-9 классов в возрасте 14-15 лет, второй, углубленного уровня, - на возраст обучающихся - 15-18 лет.

Обучающиеся, осваивающие программу третьего уровня в состоянии самостоятельно под руководством педагога выполнять заявки объединений моделистов и других организаций по разработке и изготовлению несложных радиотехнических приборов и электронных устройств.

Хорошим средством подготовки с подведением ежегодных результатов обучения в объединении радиоэлектроники является участие в ежегодных выставках и конкурсах, для чего выбираются лучшие законченные приборы и устройства, а также участие в чемпионатах профессионального мастерства.

На завершающем этапе обучения программой предусмотрено проведение экскурсий в профильные средние и высшие учебные заведения, общение с техническими специалистами, с целью профессиональной ориентации учащихся.

Обучающиеся по данной программе получают знания, необходимые для успешного освоения учебных программ учреждений высшего и среднего специального образования, в т.ч. в соответствии с профстандартом 06.005 (инженер-радиоэлектронщик).

1.1. Цели и задачи

Целью обучения является формирование и развитие компетенций, познавательных и творческих способностей обучающихся посредством освоения теоретических и практических основ электроники и радиотехники, развитие интереса к изучению физики и радиотехники.

Реализация поставленной цели предусматривает решение следующих **задач**:

Обучающих:

- научить практическим приемам изготовления печатных плат, монтажа, пайки, изготовления корпусов различных радиоэлектронных устройств;
- научить применять контрольно-измерительные приборы при проверке, отладке и ремонте радиоэлектронных устройств, различными справочными материалами, в т.ч. с использованием компьютерных технологий;
- освоить разработку электронных устройств на основе микроконтроллеров и их программирование.
- освоить основы промышленной автоматизации и робототехники, изучить основные управляющие алгоритмы.

Развивающих:

- способствовать развитию общих познавательных способностей;
- развить интерес обучающихся к выбранному профилю деятельности.

Воспитательных:

- содействовать процессам самопознания и саморазвития личности;
- формировать волевые качества для успешной деятельности, такие как усидчивость, настойчивость, эмоциональная уравновешенность.
- создавать условия для успешного самоопределения обучающихся в профессиональном выборе.

1.2. Ожидаемые результаты

В результате освоения обучающимися программы первого года обучения предполагается получить следующие результаты:

- усвоение специальных терминов и формул;
- освоение основных правил схемотехники;
- приобретение навыков разработки, монтажа и отладки радиоэлектронных устройств;
- приобретение навыков качественной пайки;
- приобретение навыков работы с измерительными приборами.

По окончании второго и третьего года обучения предполагается получить следующие результаты:

- усвоение углубленных знаний по радиотехнике;

- выработка навыков качественного монтажа;
- выработка самостоятельности при изготовлении и отладке радиоэлектронных устройств;
- освоение систем сквозного проектирования (САПР);
- получение навыков в области промышленного дизайна;
- освоение принципов разработки систем управления и автоматизации, с использованием вычислительной техники и микроконтроллеров;
- получение навыков в области робототехники, с использованием различных датчиков и исполняющих устройств;
- получение знаний о нейронах и устройстве нервной системы, принципов работы нейрокомпьютерных интерфейсов.

1.3. Особенности организации учебного процесса и способы отслеживания результативности

Учебный процесс в объединении радиоэлектроники строится таким образом, чтобы экспериментальная и практическая работа преобладала над теоретической подготовкой, особенно в группах углубленного изучения.

При изучении базовых элементов схемотехники обучающиеся активно используют обучающие компьютерные программы, радиоэлектронные конструкторы, что обусловлено прежде всего отсутствием навыков пайки. Кроме того, использование компьютерных моделей дает бóльшую уверенность обучающимся при работе с изучаемыми радиоэлементами, что объясняется отсутствием опасения выхода их из строя.

С первых же занятий обучающиеся начинают знакомство с измерительной аппаратурой. Знание контрольно-измерительной аппаратуры и умение грамотно ей пользоваться является такой же основой фундамента, как и умение грамотно пользоваться справочной учебной литературой по радиотехнике и электронике. Кроме того, грамотное пользование измерительной аппаратурой развивают математические способности учащихся.

Лаборатория электроники оснащена классом современной вычислительной техники с доступом к сети Интернет, необходимым количеством паяльного и контрольно-измерительного оборудования. Имеется своя слесарная мастерская, которая оборудована токарным, сверлильным и заточным станками, 3D-принтером, станком лазерной резки, ручным слесарным инструментом, что позволяет выполнять работы по изготовлению корпусов и других конструкций.

Изложение теоретического материала начинается с объяснений физических явлений основ электротехники, что дает учащимся начальные сведения об электричестве, электрическом токе и его основных законах. Особое внимание уделяется поражающей способности электрического тока, соблюдению техники безопасности. Затем происходит переход от электричества и основ электротехники к основам радиотехники и электроники, изучение которых сопровождается наглядной демонстрацией на

компьютерных моделях, по осциллографу и мультиметру, что позволяет лучше усваивать пройденный материал. Практически каждая пройденная по радиотехнике тема сопровождается практическими работами - макетированием того или другого устройства, например, выпрямителя, усилительного каскада на транзисторе и т.д.

При прохождении темы «Базовые элементы схемотехники» рассматриваются только основные параметры и свойства изучаемых элементов. Более углубленные знания обучающиеся получают на практических занятиях при использовании этих элементов, т.е. тема является сквозным материалом на весь учебный год. Теоретическое изложение такого материала необходимо давать впервые 10 - 20 минут каждого дня занятий перед практической работой.

На практических занятиях особое внимание уделяется первому включению собранного начинающим радиолюбителем макета или устройства. Для новичков это является особым событием. Яркий всплеск положительных эмоций происходит в случае успешной работы впервые собранной своими руками конструкции. За этим событием всегда внимательно и ревностно наблюдают остальные, у которых это еще предстоит в ближайшем будущем. Из неудач также выделяются положительные моменты, связанные прежде всего с получением первых навыков отладки и ремонта радиоэлектронных устройств. Этот процесс также развивает упорство и желание довести начатое дело до конца, веря, что устройство в конце концов заработает.

Учебный процесс, кроме последовательного изложения учебного материала, может содержать итерационные циклы, когда возникает потребность вернуться на несколько шагов назад. Необходимость этого выясняется прежде всего на практических занятиях, если обучающиеся не могут объяснить то или иное явление, путаются в терминологии.

Большое внимание на первом году занятий уделяется изготовлению первого прибора с законченной конструкцией. При его изготовлении необходимо обращать внимание не только на качество изготовления электронных узлов, но и на эстетичность внешнего вида, который зависит прежде всего от качества выполнения различных слесарных работ, с которыми обучающиеся также знакомятся на занятиях.

На второй и третий года обучения теоретическая часть программы преподается аналогично первому году обучения, с той лишь разницей, что все процессы объясняются более углубленно, разбираются графики их работы и различные характеристики; больше используется справочная техническая информация.

Особое внимание уделяется работе обучающихся по индивидуальным заданиям, способствующей развитию их творческой активности, умению принимать решения и их обосновывать. Теоретическая подготовка при этом проводится как индивидуально с объяснением принципа работы и возможности переработки конструкции для получения лучших результатов, так и с объяснением всему коллективу обучающихся для расширения их кругозора.

Результатом обучения в радиотехническом объединении является получение знаний по радиотехнике и электронике с их практическим применением в ремонте радиоаппаратуры и электронных устройств, в разработке и изготовлении несложных электронных приборов и устройств. И самое главное - это окончательная профессиональная ориентация учащихся.

Система отслеживания, контроля и оценки результатов обучения по данной программе имеет три основных составляющих:

- входной контроль;
- текущий контроль;
- итоговый контроль.

Входной контроль проводится на первых занятиях. Он позволяет определить первоначальную подготовку обучающихся и внести коррективу в свою программу.

Педагог фиксирует знания и умения, необходимые для начала обучения в объединении. С помощью бальной системы заполняется таблица.

Текущий контроль усвоения теоретических знаний проводится в процессе опросов, тестовых работ, индивидуальных бесед с обучающимися, конкурсы внутри объединения.

Для отслеживания результатов практической деятельности применяется метод наблюдения за индивидуальной работой обучающегося и выполнением групповых работ.

Результативность деятельности обучающихся фиксируется в тетради педагога.

Оценка приборов и устройств, изготовленных обучающимися для выставок, проводится в **бальной системе**. Конструкция оценивается по следующим параметрам:

- сложность устройства;
- качество изготовления;
- дизайн, актуальность.

Кроме образовательного роста педагог отслеживает:

- дисциплинированность и аккуратность;
- самостоятельность;
- желание помочь товарищу, способность работать в группе.

Итоговый результат – уровень усвоения теоретического материала и качество приобретённых практических навыков, которые также фиксируются в таблице результативности.

1 год обучения

№ п.п.	Фамилия, Имя обучающе- гося	Уровень развития умений и навыков					
		Уровень владения терминологией и теоретическими знаниями по разделам первого модуля программы		Уровень развития навыка выполнения монтажа (второй модуль)		Уровень владения основами схемотехники	
		начало обучения	май	начало обучения	май	начало обучения	май

2 и 3 год обучения

№ п.п.	Фамилия, Имя обучающе- гося	Уровень развития умений и навыков					
		Уровень владения терминологией и теоретическими знаниями по разделам программы		Уровень владения системами программирования, САПР		Качество выполняемых практических работ по освоенным темам	
		начало обучения	май	начало обучения	май	начало обучения	Май
1.							
2.							

***Уровень владения терминологией и теоретическими знаниями по
разделам программы***

- 5 – полностью освоил предусмотренные программой данного года обучения теоретические знания, самостоятельно приобрел более углубленные знания по пройденным темам и научился применять их на практике; грамотно и активно применяет специальную терминологию.
- 4 – практически полностью освоил предусмотренные программой данного года обучения теоретические знания, правильно применяет специальную терминологию.
- 3 – освоил предусмотренные программой данного года обучения теоретические знания и специальную терминологию на минимально допустимом уровне, достаточном для выполнения основных практических работ
- 2 – освоил отдельные теоретические знания, предусмотренные программой данного года обучения, совершает ошибки в применении специальной терминологии.
- 1 – освоил отдельные теоретические знания, предусмотренные программой данного года обучения, совершает значительные ошибки в применении специальной терминологии.

Уровень развития навыка выполнения монтажа

- 5 – монтаж электронных компонент выполняется грамотно, осознанно, самостоятельно, быстрее среднего уровня в учебной группе; правильно выбирается необходимое оборудование, самостоятельно производится контроль его состояния.
- 4 – монтаж электронных устройств выполняется самостоятельно, на приемлемом уровне, но требуется незначительный контроль со стороны педагога.
- 3 – монтаж электронных компонент выполняется преимущественно в сопровождении педагога или совместно с другими обучающимися, совершаются регулярные ошибки при пайке, не проверяется на готовность используемое оборудование.
- 2 – монтаж электронных компонент выполняется только в сопровождении педагога или совместно с другими обучающимися, допускается значительное количество ошибок при пайке.
- 1 – монтаж электронных компонент выполняется на низкотехнологичном уровне, неосознанно, только с постоянной помощью. Оборудование и материалы не подготавливаются для работы, сложности с пониманием их назначения.

Уровень владения основами схемотехники

- 5 – обучающийся может самостоятельно, разумно, логично и быстро прочитать принципиальную схему, произвести по указанным на схеме параметрам подбор необходимых электронных компонент либо их аналогов, а также сопоставить схему с изготовленной печатной платой для осуществления монтажа.
- 4 – обучающийся преимущественно выполняет необходимые работы по схемотехнике самостоятельно, но возникают некоторые сложности по подбору электронных компонент либо при сопоставлении схемы изготовленной печатной плате.
- 3 – уровень владения элементами схемотехники на минимально допустимом уровне, требуется регулярная помощь педагога при работе с принципиальной схемой и подборе электронных компонент.
- 2 – обучающийся владеет поверхностными знаниями при работе с элементами схемотехники, требуется постоянная помощь педагога или других обучающихся.
- 1 – обучающийся испытывает значительные трудности при работе с элементами схемотехники, совершенно не владеет необходимыми знаниями и навыками.

Уровень владения системами программирования и САПР

- 5 – обучающийся владеет навыками самостоятельной работы с системами разработки программного обеспечения, автоматизированного проектирования, может самостоятельно, разумно, логично и быстро спроектировать электронное устройство на уровне принципиальной схемы и соответствующей ей печатной платы, либо собрать конечное устройство из набора готовых блоков (относится к разделам «микроконтроллерные системы управления», «нейротехнологии»). Правильно производится выбор необходимых элементов из библиотек, их установка на рабочем пространстве, оптимально выбираются толщина и траектория токопроводящих дорожек.
- 4 – обучающийся владеет необходимыми навыками работы с ПО, но возникают сложности с оптимальным выбором элементов и их установкой, либо расчетом траекторий токопроводящих дорожек.
- 3 – обучающийся регулярно испытывает сложности при работе с ПО, задания выполняет медленно, требуется постоянный контроль и помощь со стороны педагога.
- 2 – уровень владения необходимыми навыками и знаниями, качество выполняемых работ достаточно низкие.
- 1 – обучающийся испытывает значительные трудности при работе с ПО, не владеет необходимыми навыками и знаниями, не может самостоятельно выполнять задания.

Качество выполняемых работ по монтажу и отладке

- 5 – монтажные и отладочные работы при изготовлении электронных устройств осуществляются обучающимся самостоятельно, обдуманно, быстро и точно. Собранное устройство начинает работать сразу или требуется небольшая настройка.
- 4 – собранное устройство работоспособно, но во время монтажа или отладки возникали некоторые сложности, требующие помощи педагога.
- 3 – во время проведения монтажных работ допускались ошибки, в результате которых собранное устройство не работало, требовалась постоянная помощь педагога или других обучающихся при отладке устройства.
- 2 – во время проведения монтажных работ допускались грубые ошибки, приводящие к неисправности собранного устройства, обучающийся не владеет навыками отладки собранного устройства.
- 1 – обучающийся не способен самостоятельно проводить монтажных и отладочные работы.

2. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Планирование учебного процесса должно быть непрерывным. Его основная задача - указание главного направления работы.

Ежегодное планирование может несколько отличаться от приведенного ниже учебно-тематического плана. Так на первом этапе начального обучения оно в основном зависит от степени теоретических знаний вновь поступивших учащихся, от их индивидуальных способностей. На последующих этапах - от постоянно накапливающейся материально-технической базы объединения, индивидуальных особенностей и сложности выбранных обучающимися проектов.

Наполняемость учебных групп и режим работы объединения приведена в таблице №1.

Таблица №1

Год обучения	Возраст учащихся	Количество учащихся в группе	Количество учебных часов в неделю
	1 уровень обучения		
1	14-15 лет	10 - 13	4
	2 и 3 уровни обучения		
2	15-16 лет	7 - 10	8
3	16-18 лет	7 - 8	8

2.1. Тематический план и содержание периода начального обучения (1 уровень, 1 модуль)

Таблица №2

№ п.п.	Наименование	Теория/практика/всего		
1.	Вводное занятие. Обзор программы. История радио. Перспективы. Техника безопасности.	2	-	2
2.	Электрический ток	1,5	0,5	2
	2.1. Природа электрического тока. Закон Ома			
	2.2.Переменный и постоянный ток. Источники питания. Гальванические элементы. Аккумуляторы.			
3.	Базовые элементы схемотехники	13,5	12,5	26
	3.1. Сопротивление. Резисторы. Обозначение. Последовательное и параллельное соединение сопротивлений.			
	3.2. Ёмкость. Конденсаторы. Обозначение. Последовательное и параллельное соединение ёмкостей.			
	3.3. Индуктивность. Катушки индуктивности. Трансформатор. Обозначение. Последовательное и параллельное соединение индуктивностей.			
	3.4. Механическая коммутация. Виды, обозначения.			
	3.5. Светоизлучающие элементы. Лампы накаливания. Светодиод. Цифровые индикаторы.			
	3.6. Измерительные приборы. Проведение измерений.			
	3.7. Делитель напряжения. Схема, расчеты			
	3.8. Выпрямитель напряжения			
	3.9. Диоды. Виды, обозначения. Стабилитрон.			
	3.10. Транзисторы. Виды биполярных транзисторов.			
4.	Тестовая работа. Подведение итогов	2	-	2
	Всего:	19	13	32

2.1. Тематический план и содержание периода начального обучения (1 уровень, 2 модуль)

Таблица №3

№ п.п.	Наименование	Теория/практика/всего		
1.	Основы пайки. Правила. Выбор паяльника, припоя. «Куб»	1	3	4
2.	Первые схемы. Монтаж. Отладка.	1,5	12,5	14
	5.1. Мультивибратор			
	5.2. Сувенир «Ёлка»			
3.	Печатные платы. Разработка, изготовление, отверстия. Правила разводения	2	-	2
4.	Система разработки печатных плат PCB Layout	2	23	25
	7.1. Интерфейс программы.			
	7.2. Элементы. Размеры. Связи. Проводники.			
	7.3. Получение печатной платы.			
	7.4. Проект Автомат управления освещением			
5.	Основы Arduino	7	54	61
6.	Типичные неисправности бытовой и компьютерной техники	1,5	0,5	2
7.	Контрольная работа	2	-	2
8.	Ресурсы Internet. Оценка сложности проектов. Подведение итогов.	2	-	2
	Всего:	19	93	112

Содержание обучения

1. Вводное занятие. Техника безопасности

Знакомство с лабораторией. Демонстрация приборов, законченных конструкций и макетов, изготовленных в объединении за предшествующие годы.

Беседа о развитии радиолюбительства с целью выявления теоретической подготовки и определения мотивации при выборе объединения радиоэлектроники.

Правила безопасности работы с электропаяльником. Работы с измерительными сетевыми приборами. Необходимость заземления корпусов приборов.

Правила безопасности работы в слесарной мастерской. Работа на сверлильном и заточном станках.

РЕЗУЛЬТАТ: Знание правил техники безопасности при работе в радиотехнической лаборатории и слесарной мастерской. Корректировка теоретической части учебно-тематического плана.

2. Электрический ток

Физическая сущность электрического тока. Ток, напряжение, сопротивление, мощность, единицы их измерения. Виды электрического тока. Проводники, изоляторы и полупроводники, их физическая сущность. Закон Ома. Разветвленные и неразветвленные цепи постоянного тока. Первый закон Кирхгофа. Понятие об амплитуде, периоде, частоте и фазе переменного тока, единицы их измерения. Понятие о действующем значении напряжения и тока. Источники питания. Гальванические элементы. Аккумуляторы.

РЕЗУЛЬТАТ: Первичные знания о постоянном и переменном электрическом токе, источниках питания, параметрах электрического тока.

3. Базовые элементы схемотехники

Физическая сущность резисторов, конденсаторов и индуктивности. Единицы измерения, типы, обозначения на электрических схемах. Маркировка резисторов и конденсаторов. Параллельное и последовательное соединения. Особенности работы в цепях постоянного тока. Особенности работы в цепях переменного тока. Устройства механической коммутации. Светоизлучающие приборы. Знакомство со стрелочными и цифровыми амперметрами, вольтметрами, омметрами, навыки работы с ними. Навыки работы с многопредельными комбинированными приборами. Понятие предела измерения, погрешности измерения, определение цены деления. Практические навыки работы с многопредельными комбинированными стрелочными приборами. Приобретение навыков работы с осциллографами. Настройка и калибровка осциллографа. Измерение напряжения с помощью осциллографа. Физическая сущность полупроводникового диода, обозначение на электрической схеме. Типы диодов, их параметры, методы проверки. Принцип работы одно- и двухполупериодных выпрямителей. Приобретение навыков работы с электрическими паяльниками. Изучение принципа работы выпрямителей на макетах с помощью осциллографа. Проверка диодов. Делители напряжения. Стабилитрон, принцип его работы. Расчет гасящего резистора для стабилитрона. Стабилизатор с регулирующим транзистором. Физическая сущность транзистора. Типы транзисторов, их обозначение, основные параметры. Методы проверки транзисторов. Принцип действия транзистора. Работа транзистора в качестве усилительного элемента схемы включения транзистора, разновидности структур р-п-р, п-р-п. Макетирование простейшего каскада усилителя. Методы проверки транзисторов.

РЕЗУЛЬТАТ: Первичные знания о базовых элементах аналоговой радиоэлектроники, приобретение навыков работы со стрелочными

электроизмерительными приборами, осциллографом, навыков работы с основными формулами.

4. Основы пайки

Виды паяльного оборудования, выбор припоя, флюсов. Правила и секреты качественной пайки. Лужение. Уход за паяльным оборудованием.

РЕЗУЛЬТАТ: Приобретение навыков обращения с паяльником и паяльной станцией, умение выбрать паяльное оборудование и расходные материалы в зависимости от вида работ.

5. Первые схемы

Макетирование и монтаж на печатных платах простейших схем: мультивибраторов, исполнительных устройств, световых автоматов.

Принципы работы мультивибратора на транзисторах. Приобретение навыков пайки простейших схем на макетных и изготовленных педагогом платах. Отладка смонтированных устройств. Изготовление простейших корпусов методом пайки.

РЕЗУЛЬТАТ: Приобретение навыков монтажа простейших схем на макетных и готовых платах, их отладки по приборам.

6. Печатные платы

Частично интегрирован с предыдущим разделом. Рассматриваются виды материалов для изготовления печатных плат, их строение, способы изготовления. Сверление, подбор сверл в зависимости от устанавливаемых радиокомпонентов.

РЕЗУЛЬТАТ: Приобретение навыков сверления, выбора материалов для изготовления печатных плат.

7. Система разработки печатных плат PCB Layout

Знакомство со свободно распространяемым (freeware) программным обеспечением, предназначенным для работы с печатными платами. Интерфейс программы, команды, функции. Библиотечные элементы. Габариты радиодеталей. Подбор размера контактных площадок и проводников. Определение оптимальных размеров печатной платы.

РЕЗУЛЬТАТ: Приобретение навыков работы с программным обеспечением для создания рисунка печатной платы. Получение знаний о параметрах элементов печатной платы.

8. Основы Arduino

Знакомство с платформой Arduino, основами проектирования цифровых устройств, введение в Си-подобный язык программирования. Алгоритмы. Цифровые и аналоговые датчики. Расчет и подключение нагрузки. Полный цикл проектирования микроконтроллерной системы «сенсор-исполнитель» в зависимости от поставленной задачи. Развитие творческой активности при самостоятельном конструировании предлагаемых устройств.

РЕЗУЛЬТАТ: Получение навыков полного цикла разработки микроконтроллерных устройств начального уровня. Повышение интереса к цифровой электронике и программированию.

9. Типичные неисправности бытовой и компьютерной техники

Виды неисправностей, алгоритмы их поиска, возможность и варианты устранения.

РЕЗУЛЬТАТ: Знакомство с профессией ремонтника р/э аппаратуры. Повышение интереса к радиоэлектронике.

10. Заключительное занятие

Подведение годового итога. Разбор ошибок, допущенных учащимися в самостоятельном конструировании. Постановка задач на следующий учебный год. Ресурсы сети Интернет для самостоятельной подготовки, повторения материала и подбора схем для дальнейшего изготовления. Оценка сложности выбранных схем, их себестоимости.

РЕЗУЛЬТАТ: Предварительное комплектование группы для дальнейшего углубленного изучения радиотехники и радиоэлектроники.

2.2. Структура углублённого обучения (второй и третий год обучения)

На этапе углублённого изучения образовательная программа предусматривает дифференцированный подход к содержанию учебного материала. Формируются две подгруппы обучающихся для прохождения учебного блока в зависимости от года обучения, уровня подготовки и образовательных потребностей.

Подгруппы объединяются на время осуществления проектной деятельности (выполнение творческих практических работ) для работы над совместными проектами.

Такой подход позволяет эффективно использовать ресурсы лаборатории радиоэлектроники и рационально распределять время, необходимое на сопровождение обучающихся педагогом.

Одновременные практические занятия обучающихся второго и более старших лет обучения позволяют обеспечить преемственность традиций объединения, возможность поддержки менее опытных обучающихся более старшими.

Таблица №4

№ п.п.	Наименование	2 год	3 год
1.	Учебный блок	180	108
2.	Проектная деятельность	108	180
	Всего:	288	288

2.2.1. Тематический план и содержание периода углублённого обучения (2-ой год обучения, учебный блок, 180 часов)

Таблица №5

№ п.п.	Наименование	Теория/практика/всего		
1.	Вводное занятие. Техника безопасности. Контроль знаний	2	-	2
2.	Базовые элементы схемотехники. Повторение.	8	-	8
	2.1. Электрический ток. Законы Ома, Кирхгоффа.			
	2.2. Переменный и постоянный ток. Источники питания. Гальванические элементы. Аккумуляторы.			
	2.3. Базовые элементы			
3.	САПР EAGLE	4	14	18
	3.1. Редактор принципиальных схем			
	3.2. Редактор печатных плат			
	3.3. Трассировка			
	3.4. Редактор библиотек			
4.	Введение в цифровую электронику. Интегральные схемы. Введение в микроконтроллеры.	10	26	36
	4.1. Логические схемы, компараторы			
	4.2. Триггеры, регистры, ключи, счетчики			
	4.3. Шифраторы, дешифраторы			
	4.4. Преобразователи уровней, АЦП, ЦАП			
	4.5. Мультиплексоры, демультимплексоры, сумматоры			
	4.6. Микроконтроллеры. Микропроцессоры.			
5.	Основы работы с CAD Solidworks	6	10	16
6.	Углубленное изучение Arduino. Промышленные алгоритмы управления. «Умный дом».	30	68	98
	6.1. Передача данных. Интерфейсы. Протоколы.			
	6.2. Управление инерционными нагрузками.			
	6.3. Роботы и манипуляторы			
	6.4. Бортовой автокомпьютер			
	6.5. Умный дом			
7.	Итоговое занятие	2	-	2
	Всего:	62	118	180

Содержание обучения

1. Вводное занятие

Контроль полученных базовых знаний и навыков.

Знакомство с планом работы на год, разбор индивидуальных годовых проектов, с учетом самостоятельно подобранных за летний период.

Распределение индивидуальных заданий в соответствии с уровнем подготовки, способностей и склонности каждого учащегося.

Правила безопасности работы с электропаяльником, с измерительными сетевыми приборами. Правила безопасности работы на сверлильном, токарном и заточном станках.

РЕЗУЛЬТАТ: Распределение индивидуальных заданий. Закрепление знаний техники безопасности и проведение профилактических работ по технике безопасности.

2. Базовые элементы схемотехники

Повторение пройденного ранее материала. Изучение более сложных параметров базовых элементов. Проверка работоспособности приборов, проверка режимов измерения.

РЕЗУЛЬТАТ: Повторение, закрепление и получение углубленных знаний по базовым элементам радиоэлектроники, радиоизмерительным приборам. Исправность приборного парка лаборатории.

3. Система автоматизированного проектирования (САПР) EAGLE

Знакомство с программным обеспечением, предназначенным для полного цикла разработки электронных устройств. Редакторы принципиальных схем, печатных плат, библиотечных элементов. Трассировка. Правила и стандарты оформления проектов.

РЕЗУЛЬТАТ: Получение знаний и навыков, необходимых для разработки электронных устройств. Развитие интереса к творческой составляющей профессии радиоинженера.

4. Введение в цифровую электронику. Интегральные схемы

Базовые элементы цифровой электроники. Булева алгебра. Интегральные схемы. Логические элементы. Триггеры. Регистры. Ключи. Счетчики. Шифраторы-дешифраторы. Компараторы. Мультиплексоры. Большие интегральные схемы. Микропроцессоры. Микроконтроллеры. Начальные знания о платформе Arduino.

РЕЗУЛЬТАТ: Понятие цифровой электроники, цифровых интегральных схем. Получение знаний о Булевой алгебре, двоичных системах счисления, микроконтроллерах.

5. Основы работы с CAD Solidworks

Основы инженерной графики, 3D-моделирования.

Моделирование корпусов отдельных узлов и всего прибора в целом.

Понятие дизайна. Дизайнерская проработка внешнего вида устройства и всей конструкции в целом. Изготовление корпуса устройства, сборка.

РЕЗУЛЬТАТ: Умение разработать корпус под печатную плату и внешние элементы индикации и управления, навыки конструкторской и дизайнерской разработки с развитием творческой активности обучающихся.

6. Углубленное изучение Arduino. Промышленные алгоритмы управления. «Умный дом»

Знакомство с интерфейсами и протоколами передачи данных, работа с инерционными системами. Сложные системы управления.

РЕЗУЛЬТАТ: Умение разработать сложную микроконтроллерную систему в соответствии с поставленной задачей. Навыки конструкторской и дизайнерской разработки с развитием творческой активности обучающихся.

7. Итоговое занятие

Подведение годового итога. Разбор ошибок, допущенных учащимися в самостоятельном конструировании. Отбор лучших макетов и законченных конструкций на выставку. Занятие-семинар со специалистами в области радиотехники с целью окончательной профессиональной ориентации.

РЕЗУЛЬТАТ: Комплектование группы третьего года обучения и профессиональная ориентация выпускников для изучения радиотехники и радиоэлектроники.

2.2.2. Тематический план и содержание периода углублённого обучения (3-ий год обучения, учебный блок, 108 часов)

Таблица №6

№ п.п .	Наименование	Теория/практика/всего		
1.	Вводное занятие. Техника безопасности. Контроль знаний	2	-	2
2.	Элементы схемотехники. Повторение.	4	-	4
	2.1. Пассивные элементы			
	2.2. Активные элементы.			
	2.3. Элементы цифровой электроники			
3.	Микроконтроллерные и нейрокомпьютерные системы управления.	30	70	100
	3.1. Элементы высшей математики. Системы координат. Быстрое преобразование Фурье. Интеграл. Дифференциал. Матрицы.			
	3.2. Микроконтроллерные системы управления			
	3.3. Нейрокомпьютерные системы управления			
	3.4. Элементы робототехники			
4.	Итоговое занятие	2	-	2
	Всего:	38	70	108

Содержание обучения

1. Вводное занятие

Контроль полученных базовых знаний и навыков.

Знакомство с планом работы на год, разбор индивидуальных годовых проектов, с учетом самостоятельно подобранных за летний период.

Распределение индивидуальных и групповых заданий.

Правила безопасности работы с электропаяльником, с измерительными сетевыми приборами. Правила безопасности работы на сверлильном, токарном и заточном станках.

РЕЗУЛЬТАТ: Распределение индивидуальных и групповых заданий. Закрепление знаний техники безопасности и проведение профилактических работ по технике безопасности.

2. Элементы схемотехники

Повторение пройденного ранее материала. Проверка работоспособности приборов и макетов.

РЕЗУЛЬТАТ: Повторение, закрепление и получение углубленных знаний по элементам радиоэлектроники, радиоизмерительным приборам. Исправность приборного и учебного парка лаборатории.

3. Микроконтроллерные и нейрокомпьютерные системы управления

Углубленное знакомство с аппаратным и программным обеспечением системы Arduino, методов её использования в системах управления и робототехнике. Изучение программирования микроконтроллеров на базе учебных макетов, разработанных и изготовленных в ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ. Знакомство с различными датчиками и исполняющими устройствами, алгоритмами управления, устройством нервной системы человека, принципами построения интерфейсов взаимодействия человека с электронными устройствами.

РЕЗУЛЬТАТ: Получение знаний и навыков в области электроники, программирования и нейронных систем, необходимых для разработки интеллектуальных систем управления. Развитие интереса к творческой составляющей профессии конструктора-разработчика цифровых систем управления.

4. Итоговое занятие

Подведение годового итога. Разбор ошибок, допущенных учащимися в самостоятельном конструировании. Занятие-семинар со специалистами в области радиотехники с целью окончательной профессиональной ориентации.

РЕЗУЛЬТАТ: Комплектование групп обучающихся по индивидуальным маршрутам, профессиональная ориентация выпускников для продолжения изучения радиотехники и электроники в учреждениях профессионального образования.

2.2.3. Проектная деятельность

В процессе осуществления проектной деятельности обучающийся:

- самостоятельно или с помощью педагога выбирает тему проекта, а также индивидуальный или командный способ его реализации;
- планирует свою деятельность,
- осуществляет подбор инструментального и программного обеспечения, а также необходимых комплектующих для реализации проекта,
- осуществляет проектирование и изготовление печатной платы по принципиальной схеме,
- осуществляет разработку и изготовление корпуса,

- выполняет монтаж радиодеталей и итоговую сборку объекта проектирования,
- производит разработку и написание управляющей программы,
- выполняет анализ работы, отладку и настройку объекта проектирования (готового изделия).

Во время осуществления проектной деятельности обучающиеся применяют полученные теоретические знания, получают навыки в области создания, отладки и ремонта различных радиоэлектронных устройств.

Проекты могут быть как индивидуальные, так и групповые. Индивидуальные проекты подбираются с учетом личной заинтересованности обучающихся и направлены большей частью на развитие самостоятельности. Групповые же проекты ориентированы на развитие ответственности, т.к. за конкретным обучающимся закрепляется определенный участок разработки или изготовления устройства. Подобные проекты учат работать в команде, взаимодействовать с остальными участниками проекта. В зависимости от поставленных целей проектом руководит либо педагог, либо один из обучающихся.

Во время работы с проектами педагог проводит индивидуальную работу с обучающимися, корректирует знания, следит за качеством приобретаемых навыков.

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

3.1. Методическое обеспечение

Методическое обеспечение программы включает в себя:

- методические пособия, разрабатываемые преподавателем с учетом конкретных условий лаборатории или, при необходимости, более глубокого изучения какой-либо темы;
- обширную техническую библиотеку объединения, содержащую как справочный материал, так и учебную техническую литературу;
- выписываемую техническую периодическую литературу;
- специально подобранный перечень сайтов в сети Интернет со справочной информацией и радиолюбительскими схемами;
- индивидуальные задания.

Методическое обеспечение учебного процесса документами включает разработку преподавателем методических пособий, подбор принципиальных электрических схем, топологии печатных плат и справочного материала.

3.2. Дидактическое и материально-техническое

В качестве дидактического материала на практических занятиях обучающиеся пользуются как массовой периодической литературой (такой как журналы "Радиолюбитель" и "Радио", брошюры "В помощь радиолюбителю"), так и компьютерными справочниками, материалами радиолюбительских сайтов.

В качестве дидактического материала обучающимся предлагаются оформленные в виде стендов справочные листы, светокопии электрических схем несложных электронных устройств, которые могут быть использованы как при фронтальном изучении одного устройства всей группой или отбираются для индивидуальной работы.

Существенную помощь в учебном процессе оказывает дидактический материал, публикуемый в периодических изданиях и на специализированных сайтах, обобщающих радиолюбительский опыт.

Материально-техническую базу объединения радиоэлектроники составляют радиотехническая лаборатория (учебный класс) и слесарная мастерская.

Лаборатория рассчитана на проведение практических и теоретических занятий. Для проведения практических занятий в лаборатории имеется 13 рабочих мест, снабженных паяльным оборудованием. Из них 10 мест оснащены персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть, различными макетами и конструкторами, а также радиотехническими приборами:

- генераторами звуковой и высокой частоты;
- электронными частотомерами;
- осциллографами;
- мультиметрами;
- источниками постоянного тока.

Для более сложных работ имеются дополнительные приборы: измерители частотных характеристик, измерители искажений и модуляции, генератор телевизионных сигналов, т.е. материальное техническое обеспечение позволяет производить любые работы с приемопередающей и всевозможной цифровой аппаратурой, телевизионной и аудиоаппаратурой.

Слесарная мастерская оборудована токарным, сверлильным и заточным станками, 3D-принтером, станком лазерной резки, а также необходимыми ручными инструментами.

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В лаборатории и слесарной мастерской выполнены все организационно-технические мероприятия по требованию электробезопасности. А именно: расположение розеток ~ 220 В для питания стандартной радиоаппаратуры не позволяет случайного соприкосновения с ними, ко всем приборам и оборудованию подведено надежное заземление, каждая электрическая сеть имеет автоматическую защиту отключения, а розетки с напряжением ~ 220 В имеют быстродействующие автоматы отключения с защитой IV степени.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5.1. Нормативно-правовые документы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29.12.12 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: base.garant.ru/70291362/ (информационно-правовой портал «Гарант»).
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 09 ноября 2018 г. № 196 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72016730/> (информационно-правовой портал «Гарант»).
3. Концепция развития дополнительного образования детей, утв. распоряжением Правительства РФ от 4.09.2014 года № 1726-р. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/ajax/4429> (официальный сайт Министерства образования и науки РФ).
4. СанПиН 2.4.4.3172-14 "Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 04.07.2014 N 41. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168723/ (официальный сайт справочной правовой системы «КонсультантПлюс»).
5. Государственная программа РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ № 295 от 15.04.2014 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (информационно-правовой портал «Гарант»).
6. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ № 2227-р от 08.12.2011 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (информационно-правовой портал «Гарант»).
7. Федеральная целевая программа развития образования на 2016-2020 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ № 497 от 23.05.2015 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (информационно-правовой портал «Гарант»).

5.2. Информационные ресурсы для педагогов и обучающихся

1. Алексеев, А.П. Робототехника [Текст] / А.П. Алесеев. – М.: Просвещение, 1993.
2. Альгин, Б.Е. Кружок электронной автоматики [Текст] / Б.Е. Альгин. – М.: Просвещение, 1990.
3. Балясная, Л.К. Воспитание школьников во внеурочное время [Текст] / Л.К. Балясная. – М.: Просвещение, 1980.

4. Батушев, В.А. Микросхемы и их применение [Текст] / В.А. Батушев. – М.: Радио и Связь, 1983.
5. Белевцов, А.Т. Монтаж радиоаппаратуры и приборов [Текст] / А.Т. Белевцов. – М.: Высшая школа, 1983.
6. Белорусова, В.В. Педагогика [Текст] / В.В. Белорусова. – М.: Физкультура и спорт, 1986.
7. Бобров, Н. В. Радиоприемные устройства [Текст] / Н.В. Бобров. – М.: Энергия, 1976.
8. Борисов, В. Г. Программы для кружков детского технического творчества [Текст] / В.Г. Борисов. – М.: Просвещение, 1980.
9. Борисов, В. Г. Юный радиолюбитель [Текст] / В.Б. Борисов. – М.: Радио и связь, 1987.
10. Варламов, Р. Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Р.Г. Варламов. – М.: Сов. Радио, 1983.
11. Гололобов, В.Н. Схемотехника с программой Multisim для любознательных [Текст] / В.Н. Гололобов. – М.: Наука и техника, 2019. – 272 с.
12. Горский, В.А. Программы для внешкольных учреждений и общеобразовательных школ [Текст] / В.А. Горский, И.В. Кротов. – М.: Просвещение, 1988.
13. Гутников, В.С. Интегральная электроника в измерительных приборах [Текст] / В.С. Гутников. – Ленинград: Энергия, 1984.
14. Ильина, Т.В. Педагогическое программирование в учреждениях дополнительного образования [Текст] / Т.В. Ильина, М.В. Ушакова, И.В. Шинкевич. – Ярославль, 1996.
15. Мансуров, Н.Н. Теоретическая электротехника [Текст] / Н.Н. Мансуров, В.С. Попов. – М.: Наука, 1968.
16. Миль, Г. Электронное дистанционное управление моделями [Текст] / Г. Миль. – М.: ДОСААФ. – 1980.
17. Нальвейт, Г.С. Источники электропитания [Текст] / Г.С. Нальвейт. – М.: Радио и связь, 1986.
18. Немировский, А.Е. Электроника [Текст] / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, О.И. Степанов. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 200 с.
19. Платт, Чарльз Электроника для начинающих [Текст] / Ч. Платт. – С-Пб.: БХВ-Петербург, 2012. – 478 с.
20. Ревич, Ю.В. Занимательная электроника [Текст] / Ю.В. Ревич. – М.: ВHV, 2018. – 672 с.
21. Рычина, Т. А. Электрорадиоэлементы [Текст] / Т.А. Рычина. – М.: Сов. Радио, 1980.
22. Степаненко, И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем [Текст] / И.П. Степаненко. – М.: Энергия, 1983.
23. Столяров, Ю. С. Техническое творчество учащихся [Текст] / Ю.С. Столяров. – М.: Просвещение, 1989.
24. Уитсон, Дж. 500 практических схем на ИС [Текст] / Дж. Уитсон. – М.: Мир, 1992.