

В.И. Туев, В.С. Солдаткин, А.Ю. Олисовец

# **ВВЕДЕНИЕ В ПРОФЕССИЮ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**



Томск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»  
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий каф. РЭТЭМ  
\_\_\_\_\_ В.И. Туев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ВВЕДЕНИЕ В ПРОФЕССИЮ

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств

Разработали:  
Заведующий каф. РЭТЭМ, д.т.н.  
\_\_\_\_\_ В.И. Туев

Доцент каф. РЭТЭМ, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ В.С. Солдаткин

Ассистент каф. РЭТЭМ  
\_\_\_\_\_ А.Ю. Олисовец

Томск 2016

Туев В.И., Солдаткин В.С., Введение в профессию: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 53с.

Настоящее учебное пособие составлено с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств». Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих специальную дисциплину по выбору вариативной части профессионального цикла Б1.В.ОВ.14 «Введение в профессию» и содержат необходимую информацию и курс лекций для изучения дисциплины. При изучении материалов данного учебного пособия, студенты должны расширить свои знания по изучаемой дисциплине, а также данное учебное пособие направлено на формирования у студентов следующих компетенций:

*ОК-8* – Способность осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- роль и место инженера-конструктора на протяжении жизненного цикла электронных устройств;

**Уметь:**

- ориентироваться в современных технологиях производства электронных средств.

**Владеть:**

- знаниями о перспективных НИОКР в области технологий производства электронных средств, проводимых на кафедрах и в институтах ТУСУРа.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. О структуре ВУЗа и роли инженера в современном мире .....	9
2. История развития электроники .....	29
3. Радиотехнические цепи и их анализ .....	36
4. Активные элементы цепей .....	46
Литература .....	53

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 (211000.62) – Конструирование и технология электронных средств, утвержденным «12» ноября 2015 года, Приказом № 1333 Министерства образования и науки РФ и Основная образовательная программа (ООП) бакалавриата, реализуемая ТУСУРОм:

- Установлен срок получения образования по программе бакалавриата в очной форме обучения, включая каникулы, предоставляемые после прохождения государственной итоговой аттестации, вне зависимости от применяемых образовательных технологий, составляет 4 года. Объем программы бакалавриата в очной форме обучения, реализуемый за один учебный год, составляет 60 з.е.

- В рамках программы академического бакалавриата установлены виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата: научно-исследовательская, производственно-технологическая.

- Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, включает исследование, проектирование, конструирование и технологию электронных средств, отвечающих целям их функционирования, требованиям надежности, дизайна, условиям эксплуатации, маркетинга.

- Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются радиоэлектронные средства, электронно-вычислительные средства, микроволновые электронные средства, наноэлектронные средства, методы и средства настройки и испытаний, контроля качества и обслуживания электронных средств, методы конструирования электронных средств, технологические процессы производства, технологические материалы и технологическое оборудование.

- Выпускник, освоивший программу бакалавриата, в соответствии с

видом (видами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата, должен быть готов решать следующие **профессиональные задачи**:

*научно-исследовательская деятельность:*

анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования;

проведение измерений, экспериментов и наблюдений, анализ результатов, составление описания проводимых исследований, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок;

организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия;

*производственно-технологическая деятельность:*

внедрение результатов разработок в производство;

выполнение работ по технологической подготовке производства;

организация метрологического обеспечения производства электронных средств;

контроль соблюдения экологической безопасности;

- Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими **общекультурными компетенциями**:

способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);

способностью использовать основы экономических знаний при оценке

эффективности результатов деятельности в различных сферах (ОК-3);

способностью использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности (ОК-4);

способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-5);

способностью работать в команде, толерантно воспринимая социальные и культурные различия (ОК-6);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-8);

способностью использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (ОК-9).

- Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями**:

способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);

готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);

способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ

информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);

способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

готовностью пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОПК-8);

способностью использовать навыки работы с компьютером, владением методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9);

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать **профессиональными компетенциями**, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

*научно-исследовательская деятельность:*

способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования (ПК-1);

готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты (ПК-2);

готовностью формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК-3);

*производственно-технологическая деятельность:*

готовностью внедрять результаты разработок (ПК-9);

способностью выполнять работы по технологической подготовке производства (ПК-10);

готовностью организовывать метрологическое обеспечение



производства электронных средств (ПК-11);

способностью осуществлять контроль соблюдения экологической безопасности (ПК-12).

### ***Цель (миссия) бакалавриата***

В области ***воспитания*** бакалавриат имеет своей целью развитие у студентов следующих личностных качеств: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникабельности, толерантности.

В области ***обучения*** целями являются:

удовлетворение потребностей общества и государства в фундаментально образованных и гармонически развитых специалистах, владеющих современными технологиями в области профессиональной деятельности;

удовлетворение потребности личности в овладении социальными и профессиональными компетенциями, позволяющими ей быть востребованной на рынке труда и в обществе, способной к социальной и профессиональной мобильности.

# 1. О СТРУКТУРЕ ВУЗА И РОЛИ ИНЖЕНЕРА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

## Город Томск и его университеты

### *Город Томск*

Географическое положение: Томск, город в России, административный центр одноимённых области и район, расположен на востоке Западной Сибири, на правом берегу реки Томь [1].

Площадь города 300 км<sup>2</sup>, численность населения 600 тыс. человек.

Томск – крупный образовательный, научный и инновационный центр Сибири, где сосредоточены 8 ВУЗов, из них 6 государственные, 2 негосударственные, 11 научно-исследовательских институтов, 5 бизнес-инкубаторов, особая экономическая зона технико-внедренческого типа, а также более 28 тыс. предприятий и организаций, 26 тыс. юридических лиц, более 80 школ и гимназий.

Город основан в 1604 году русскими казаками. Томский острог расположился на южном мысу Воскресенской горы, на правом берегу реки Томь. В течение своего первого столетия Томск был военной крепостью, опорой продвижения русских в Сибирь.

В 1888 г. Открыт первый за Уралом университет.

В 1900 г. Технологический университет.

В 1901 г. Первое в Сибири коммерческое училище.

В 1902 г. учительский университет,

В 1910 г. высшие женские курсы.

В 1944 г. В годы Великой Отечественной войны город принял десятки эвакуированных заводов, учебных, научных и культурных учреждений.

В 1950-х годах создан первый в СССР ядерный центр мирового уровня СХК.

В 1970-х годах открыт Томский научный центр АН СССР.

В 1960-70-х годах началась добыча нефти, построен ТНХК.

## *Университеты г. Томске*

Университеты:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» НИ ТГУ.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» НИ ТПУ.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» ТУСУР.

4. Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации СибГМУ.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский Государственный архитектурно-строительный университет» ТГАСУ.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный педагогический университет» ТГПУ.

Филиалы университетов:

Филиал федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный социальный университет» в г. Томске Филиал РГСУ.

Академии:

Западно-Сибирский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российская академия правосудия» в г. Томске.

Томский филиал федерального бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирская государственная академия водного транспорта».

Томский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации».

Институты:

Негосударственное (частное) образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Томский Институт Бизнеса».

Томский сельскохозяйственный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный аграрный университет».

Негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский экономико-юридический институт».

***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» ТУСУР.***

Томский институт радиоэлектроники и электронной техники (ТИРиЭТ) был создан на основании Постановления Совета Министров СССР от 21 апреля 1962 года [2].

9 июля 1971 года ТИРиЭТ был переименован в Томский институт автоматизированных систем управления и радиоэлектроники (ТИАСУР).

28 октября 1993 года ТИАСУР был переименован в Томскую государственную академию систем управления и радиоэлектроники (ТАСУР).

19 марта 1997 года ТАСУР была переименована в Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

***Ректоры ТУСУРа***



Зубарев Григорий Семенович

Ректор с 1962 по 1972 гг.

Кандидат технических наук, доцент.

Заслуженный профессор ТУСУРа.



Чучалин Иван Петрович  
Ректор с 1972 по 1981 гг.  
Доктор технических наук. Профессор.  
Заслуженный деятель науки и техники РФ.  
Ректор ТПУ с 1981 по 1990 гг.  
Заслуженный профессор ТПУ.



Перегудов Феликс Иванович  
Ректор с 1981 по 1984 гг.  
Доктор технических наук. Профессор.  
Заместитель министра высшего и среднего  
образования РСФСР (1983 - 1985)  
Заместитель председателя Госкомитета СССР  
по образованию.  
Министр СССР (1985 - 1990)  
Действительный член (учредитель)  
Инженерной Академии СССР



Пустынский Иван Николаевич  
Ректор с 1984 по 1999 гг.  
Доктор технических наук. Профессор.  
Заслуженный деятель науки и техники РФ.  
Действительный член Международной  
академии наук высшей школы и Академии  
инженерных наук вице-президент МАН ВШ.  
Председатель головного совета

Минобразования РФ 'Автоматизированные системы, средства  
автоматизации и вычислительная техника',

Почетный доктор ТУСУРа



Кобзев Анатолий Васильевич

Ректор с 1999 по 2009 годы.

Доктор технических наук. Профессор.

Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.

Действительный член Академии инженерных наук Российской Федерации, академик наук высшей школы, лауреат конкурса в сфере

образования и науки Томской области. В 2004 году Указом Президента В. В. Путина награждён орденом Дружбы. Председатель головного совета Минобрнауки РФ 'Автоматизированные системы, средства автоматизации и вычислительная техника'



Шурыгин Юрий Алексеевич

Ректор с 2009 года по 2014.

Доктор технических наук. Профессор.

Почётный работник высшего профессионального образования РФ, почётный работник науки и техники РФ, является трижды лауреатом Томской области в сфере науки и образования, награждён медалями Федерации космонавтики РФ, Международной и Российской инженерной академии,

Международной академии наук о природе и обществе, Академии естественных наук, орденом Почёта.

Действительный член Российской инженерной академии, член Международной академии информатизации, заслуженный деятель науки РФ.



Шелупанов Александр Александрович

Ректор с 2014.

Доктор технических наук. Профессор.

Почётный работник высшего профессионального образования России.

Лауреат премии Правительства РФ в области образования (2009). Лауреат премии

Правительства РФ в области науки и техники (2013). Трижды лауреат премии Томской

области в сфере образования и науки (2004, 2007, 2014).

ТИРиЭТ начал свою деятельность 1 сентября 1962 года. Институт был создан на базе двух факультетов Томского политехнического института (ТПИ) – РТФ (радиотехнического факультета) и ЭРУФа (факультета электрорадиоуправления). В ТИРиЭТ были переведены студенты, обучавшиеся на специальностях РТФ: «Радиотехника», «Электронные приборы», «Конструирование и производство радиоаппаратуры», «Диэлектрики и полупроводники», «Промышленная электроника», а также студенты самой многочисленной специальности ЭРУФа – «Радиоуправление». Всего было переведено 1536 студентов очного и 479 студентов вечернего и заочного обучения, 18 аспирантов и 58 преподавателей, в том числе 18 кандидатов наук, доцентов. В институте создается 21 кафедра, 9 из которых переведены из ТПИ, а 12 открыты в 1962 году в ТИРиЭТе. Из ТПИ перешло 8 кафедр РТФ (ТОР, ЭП, КТПРа, ДиП, ПрЭ, РПУ, СВЧ, РУ) и одна кафедра с ЭРУФа (Радиооборудования). Таким образом, костяк преподавательских кадров по специальным дисциплинам составили преподаватели РТФ ТПИ.

Во исполнение приказа Министра за № 528 от 24 июля 1962 г. институт организован в составе трех факультетов дневного обучения:



радиотехнического, радиооборудования, электронной техники и факультета вечернего и заочного обучения, первыми деканами которых стали соответственно Пустынский И. Н., Ташкун А. П., Шипунов И. В. и Брестовицкий И. М.

Первым ректором института был назначен доцент Зубарев Г. С. В 1966 году проводится реорганизация структуры института, которая сохранилась, в основном, до наших дней. Факультет радиоуправления (радиооборудования) переименовывается в конструкторско-технологический, а его специальности переводятся на другие факультеты. Специальность «Радиоуправление (радиоэлектронные устройства)» с профилирующей кафедрой РЭУ (радиоэлектронные устройства) переводится на радиотехнический факультет, а специальность «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации» с профилирующей кафедрой ТК (техническая кибернетика) – на факультет электронной техники (ФЭТ). В свою очередь, с РТФ и ФЭТа на конструкторско-технологический факультет были переведены соответственно специальности «Конструирование и технология производства радиоаппаратуры» с профилирующей кафедрой КТПРа и «Диэлектрики и полупроводники» с профилирующей кафедрой ДиП (Диэлектрики и проводники).

Факультет электронной техники переименовали в факультет электронной техники и автоматики (ФЭТиА) (приказ ректора № 496 от 15.06.1966 г.). В первые годы своего существования ТИРиЭТ осуществлял подготовку по 6 специальностям. Учитывая запросы отраслей народного хозяйства, институт с 1965 и 1968 гг. начал подготовку инженерных кадров соответственно по специальностям: «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации», «Физическая электроника», а в 1971г. еще по двум специальностям: «Автоматизированные системы управления» и «Конструирование электронно-вычислительной аппаратуры». В 1971 г. ТИРиЭТ становится Томским институтом автоматизированных систем управления и радиоэлектроники (ТИАСУР), в состав которого в 1972

году вошел НИИ АЭМ (научно-исследовательский институт автоматики и электромеханики).

В 1973 году открывается четвертый факультет дневной формы обучения – факультет систем управления (ФСУ). На факультет переводятся с ФЭТиА специальности: «Автоматизированные системы управления» с профилирующей кафедрой Оптимальные и адаптивные системы управления (ОАСУ) и «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации» с профилирующей кафедрой Автоматизация обработки информации (АОИ). Первым деканом ФСУ стал доцент кафедры телевизионных устройств (ТУ) Шалимов В. А. При этом ФЭТиА возвращается к прежнему названию ФЭТ (приказ ректора № 291 от 07.05.1973 г.). В 1987 году КТФ был переименован в радиоконструкторский факультет (РКФ). В 1989 году из него выделился факультет вычислительных систем (ФВС). Новый факультет возглавил Титов В. С.

В 1993 году институт вновь переименовывается, но уже в государственную академию систем управления и радиоэлектроники (ТАСУР), а затем в 1997 году в университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Развитие университета продолжается, свидетельством чего является открытие в 1998 году Гуманитарного факультета во главе с Сусловой Т. И., а в 2000 году Экономического факультета, деканом которого избирается Буймов А. Г. В университете на всех факультетах в последние годы открыты новые специальности. В настоящее время университет по всем формам обучения ведет подготовку бакалавров, дипломированных специалистов и магистров по 45 профессиональным образовательным программам.

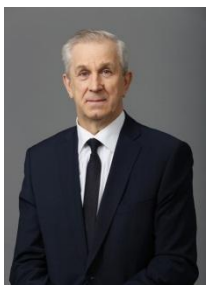
## *Управление университетом*



Шелупанов Александр Александрович

Ректор

Доктор технических наук, профессор



Шурыгин Юрий Алексеевич

Директор департамента управления и стратегического развития

(Первый проректор)

Доктор технических наук, профессор



Троян Павел Ефимович

Директор департамента образования

(Проректор по учебной работе)

Доктор технических наук, профессор



Мещеряков Роман Валерьевич

Директор департамента по науке и инновациям.

Проректор по научной работе и инновациям

Доктор технических наук, профессор



Буинцев Дмитрий Николаевич

Директор департамента по развитию университетского комплекса и социальной работе.

Проректор по развитию университетского комплекса и социальной работе. Кандидат технических наук



## *Радиоконструкторский факультет (РКФ)*

В 1966 году в составе Томского института радиозлектроники и электронной техники был создан конструкторско-технологический факультет (КТФ), в 1987 году переименованный в радиоконструкторский факультет (РКФ). Основные направления, по которым на факультете готовят специалистов, связаны с проектированием и технологией радиоэлектронных средств, технической эксплуатацией транспортного радиооборудования, экологическим мониторингом и безопасностью жизнедеятельности. Сегодня на факультете работают 12 докторов наук, профессоров, три члена-корреспондента Международной академии высшей школы, два члена-корреспондента Петровской академии наук и искусств, есть аспирантура и докторантура.



Декан радиоконструкторского факультета

Озёркин Денис Витальевич

Кандидат технических наук, доцент

Заместитель декана по учебной работе Светлана Анатольевна Полякова

Старший диспетчер деканата Аганина Галина Михайловна

Заместитель декана по общежитию Пушкарёв Тимур Николаевич

Заместитель декана по физической культуре Столярова Полина Сергеевна

Заместитель декана по новому набору Несмелова Нина Николаевна

### ***Кафедры радиоконструкторского факультета:***

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КиПР)

Кафедра конструирования узлов и деталей РЭА (КУДР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ).

Классическое образование на радиоконструкторском факультете всегда тесно переплеталось с практикой. Все выпускники РКФ, имея большой объем теоретических знаний, умеют применять их на практике. Лаборатории факультета, студенческие конструкторские бюро оборудованы современной техникой, поэтому уже во время обучения в университете студенты воплощают в жизнь свои идеи, реализуют собственные научные разработки. Хорошее техническое оснащение способствует подготовке студентов к проектной, исследовательской и организационно-управленческой деятельности.

Выпускники РКФ имеют необходимые знания и навыки по разработке, эксплуатации, ремонту и сбыту радиоэлектронных устройств различного назначения на предприятиях. Среди выпускников факультета большое количество известных инженеров, ученых, главных конструкторов радиозаводов, бизнесменов, директоров предприятий и фирм.

Научные достижения сотрудников факультета получили высокое признание в республиках СНГ и за рубежом. Разработки научно-исследовательского института электронного технологического оборудования и систем связи (НИИ ЭТОСС), действующего на радиоконструкторском факультете были внедрены на многих российских предприятиях. Выполняются совместные исследования с зарубежными коллегами: факультет сотрудничает с вузами и научными учреждениями США, Франции, Голландии.

Студенты РКФ обучаются художественному конструированию и дизайну, специализируются в области экономики, предпринимательства, маркетинга, менеджмента, что в сочетании с технической, компьютерной и организационной подготовкой позволяет им успешно работать в условиях рыночной экономики. Причем, деятельность специалиста – выпускника радиоконструкторского факультета может быть направлена не только на сбыт товарной продукции, но и на расширение ее производства, улучшение

потребительских качеств.

На факультете были открыты новые актуальные для современного общества специальности: экология и безопасность жизнедеятельности в техносфере. Последняя специальность связана с вопросами выживания, с изучением чрезвычайных ситуаций и поведения человека в них. Экологическая специализация обозначена на факультете как «мониторинг окружающей среды с применением компьютерных технологий». Выпускники РКФ по специализации «экспертиза безопасности, экологичности и устойчивости технологий, технических проектов и объектов» способны измерять изменения в окружающей среде, точно их определять, грамотно использовать в своей работе современное оборудование.

Новые традиции факультета, помимо посвящения и медианы, создают сами студенты. Благодаря студентам РКФ, с недавних пор в ТУСУРе появился новый «Факультет». Именно так ребята назвали свою команду КВН, организовав в университете первую студенческую лигу. Сегодня у каждого факультета ТУСУРа есть своя команда веселых и находчивых, которые соревнуются за право называться лучшими ТУСУРОВскими КВНщиками. Недавно в университете открылся парапланерный клуб, руководитель которого, тоже студент РКФ, Иван Кравцов - кандидат в мастера спорта, чемпион России среди юниоров, двукратный чемпион первенства юга Кузбасса, член сборной команды области.

В составе факультета: НИИ ЭТОСС, студенческие конструкторские бюро «Смена», «Сталкер» (кафедра КУДР), «Элемент» (кафедра РЭТЭМ), две межфакультетские технологические лаборатории, лаборатории ГПО.

***Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического  
мониторинга (РЭТЭМ)***

***История кафедры РЭТЭМ***

При создании факультета электронной техники ТИРиЭТа (1962 г.) была организована кафедра химии, в состав которой вошли бывшие сотрудники ТПИ В.Г. Столярчук, к.х.н., доцент, зав. кафедрой; Л.М. Веселова, ст. преподаватель; Т.П. Малаховская, ассистент; В.Г. Машук, ассистент.

Столярчук Валентина Георгиевна заведовала кафедрой с 1962 по 1975 гг. В период ее заведования было много сделано для становления кафедры. В 1965 году, при общей численности сотрудников в 9 человек, на кафедре уже были созданы 8 учебных лабораторий, открыта новая специальность «Технология специальных материалов электронной техники», и в этом же году по новой специальности была набрана первая группа студентов, а последний набор был проведен в 1970 году.

С 1964 года на кафедре начали проводить научно-исследовательские работы, в выполнении которых принимали участие все сотрудники. Научным руководителем работ была зав. кафедрой доцент В.Г. Столярчук. Совместно с научно-исследовательским институтом полупроводниковых приборов (НИИПП) кафедра выполняла научно-исследовательские работы по изготовлению особо чистых материалов.

В 1968 году кафедра химии была переименована в кафедру специальных материалов электронной техники и химии, а с 1972 года она стала называться кафедрой «Технологии радиоэлектронной аппаратуры (ТРЭА)».

С 1975 по 1978 гг. заведующим кафедрой был канд. техн. наук, доцент П.И. Госьков. Он открыл на кафедре новое научное направление «Исследование координатных фотоприемников и создание оптоэлектронных устройств на их основе», В 1975 году П.И. Госьков защитил докторскую диссертацию и стал первым доктором наук кафедры.

С 1978 по 1981 гг. кафедрой ТРЭА возглавлял канд.техн.наук, доцент А.Ф. Пустовойт. В эти годы под его руководством были продолжены работы по оптоэлектронным приборам.

С 1981 по 1987 гг. заведующим кафедрой становится переведенный с кафедры технической механики канд. Техн. наук, доцент Н.Д. Малютин, ныне доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Петровской академии наук. С приходом на кафедру группы научных сотрудников под руководством П.А. Воробьева, куда входил и Н.Д. Малютин, на кафедре стало развиваться научное направление по проблеме создания управляющих устройств сверхвысоких частот на основе многосвязных полосковых линий. За время заведования кафедрой Н.Д. Малютиным в рамках специальности 0705 была открыта специализация «Технология электронной аппаратуры» и защищены две кандидатские диссертации.

С 1987 по 1993 гг. кафедрой заведовал к.т.н., доцент Зиновьев Г.Г. За это время на кафедре были защищены одна докторская и 4 кандидатских диссертации.

С 1993 г. по 2009 г. кафедру возглавлял доктор технических наук, профессор Смирнов Г.В.

В 1998 году на кафедре открыта новая специальность «Экология». В 2001 году кафедра ТРЭА переименована в кафедру РЭТЭМ – Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. Открытие этой специальности продиктовано острым дефицитом высококвалифицированных специалистов-экологов. Возрастающая из года в год потребность в данных специалистах обусловлена ухудшающейся экологической обстановкой на Земле, необходимостью остановить катастрофические последствия неразумной деятельности человека; бережного отношения и охраны природы, сохранения жизни и здоровья последующих поколений. О значимости проблем экологии свидетельствует обязательное введение в последние годы экологических аспектов в различные дисциплины школьного обучения и в программы большинства



специальностей ВУЗов.

С приходом на кафедру РЭТЭМ (после открытия на ней специальности «Экология») доктора биологических наук профессора Карташева А.Г. и доктора технических наук профессора И.Е. Хорева на кафедре появились два новых научных направления «электромагнитный мониторинг окружающей среды» и «Физика высоких плотностей энергий».

В 2006 г. на кафедре РЭТЭМ открыта еще одна новая специальность «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». Открытие данной специальности обусловлено все возрастающей актуальностью обеспечения безопасности человека в производственной, природной и жилой среде, безопасности технических систем, населения и территории в чрезвычайных ситуациях. На базе сохранившейся на кафедре лаборатории НИЧ совместно с кафедрой КУДР и ФГУП «НИИПП» в 2000 году создан НИИ электронного технологического оборудования и систем связи (НИИ ЭТОСС) при ТУСУРе.

В настоящее время заведующим кафедрой является доктор технических наук Туев Василий Иванович.



Туев Василий Иванович

Доктор технических наук

Заведующий кафедрой радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)

Окончил в 1981 году ТИАСУР (Томский институт автоматизированных систем управления и радиоэлектроники) по специальности "Радиотехника".

Кандидат технических наук (1987 г.), доктор технических наук (2008 г.). Доцент по кафедре радиоприёмных и усилительных устройств (1992 г.). Работает в ТУСУРе с 1980 года в должностях: лаборант НИСа (1980-1981), инженер НИСа (1981 - 1985), старший преподаватель кафедры

радиоприёмных и усилительных устройств (1988 - 1990), доцент кафедры радиоприёмных и усилительных устройств (1990 - 1998), заведующий кафедрой радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (с 2009), директор НИИ светодиодных технологий (с 2010).

Публикации: всего 121, в том числе учебно-методические пособия - 15, статьи в научных журналах - 22, статьи в трудах научных конференций - 27, тезисы докладов - 11, изобретения, алгоритмы и программы - 12, научно-технические отчёты – 8.

Подготовил одного кандидата наук.

Область научных интересов: повышение динамического диапазона устройств усиления и преобразования радиосигналов в рамках научной проблемы по реализации всё более возрастающих требований к системам связи по повышению качества передаваемой информации при постоянном росте её количества, электроника.

Под руководством В. И. Туева внедрено более 20 научно-технических разработок. Результаты внедрения имеют межгосударственное значение. Разработанный при его непосредственном участии измерительный прибор внесён в государственный реестр средств измерений России, получил утверждение типа средства измерения в Беларуси и Казахстане. По решению авторитетного жюри журнала "Контрольно-измерительные приборы и системы" разработанный измерительный прибор признан дипломантом конкурса "Лучший отечественный измерительный прибор 2005 года".

***Кафедра РЭТЭМ осуществляет подготовку бакалавров по направлениям:***

05.03.06 "Экология и природопользование"

20.03.01 "Техносферная безопасность"

11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств",  
профиль "Технология электронных средств"

***На базе кафедры созданы и успешно функционируют:***

с 2000 г. НИИ электронного технологического оборудования и систем связи (НИИ ЭТОСС) (совместно с кафедрой КУДР), директор - профессор кафедры РЭТЭМ Г. В. Смирнов;

с 2009 г. учебно-научная лаборатория измерительной техники и автоматизации, заведующий лабораторией - выпускник кафедры РЭТЭМ М. В. Хабаров;

с 2010 г. научно-образовательный центр по направлению "Системы управления и контроля за состоянием объектов и сред" (совместно с конструкторским бюро "Радар");

с 2010 г. НИИ светодиодных технологий, директор - заведующий кафедрой РЭТЭМ В. И. Туев;

с 2011 г. инновационно-технологический центр "LED-материалы", руководитель доцент каф. РЭТЭМ, к. х. н. И. А. Екимова;

с 2012 г. лаборатория органических светоизлучающих диодов (в составе НИИ СТ).

С использованием оформленной надлежащим образом интеллектуальной собственности сотрудников кафедры при участии ТУСУРа и в соответствии с 217 ФЗ в 2012 г. основано общество с ограниченной ответственностью "Термопасты".

## *Особенности обучения в ТУСУР*

Учебный год в вуз состоит из двух полугодий – семестров, осеннего и весеннего. В конце каждого семестра проводится экзаменационная сессия. Последнюю неделю семестра перед сессией называют зачетной неделей, поскольку в это время студент должен получить все предусмотренные зачеты. После зимней сессии – двухнедельные каникулы. После летней сессии обычно проходит учебная или производственная практика, после чего студенты до 1 сентября нового учебного года отправляются на летние каникулы.

Учебные работа студентов делятся на лекции, практические занятия, лабораторные занятия, курсовой проект (работа), производственная (учебная практика), научно-исследовательская работа студентов (НИРС) или групповое проектное обучение (ГПО), самостоятельная работа.

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредовано через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения. Задачи самостоятельной работы:

систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

углубление и расширение теоретических знаний;

формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

развитие исследовательских умений.

Внедрение в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) технологии группового проектного обучения (ГПО) является инновационной организацией учебного процесса.

Работа над проектами ГПО начинается с выбора тематики проектирования через поиск и конкурсный отбор идей и предложений. Идеи и предложения могут быть реализованы в форме создания новых наукоёмких изделий, технологий, программных продуктов и услуг, востребованных на рынке.

Для выполнения проектов на каждой кафедре организуются специализированные лаборатории ГПО, в которых оборудованы рабочие места для студентов, а также монтажные, макетные, испытательные участки и пр. Лаборатории оснащены вычислительной техникой, измерительным и технологическим оборудованием.

Лучшие проекты представляются к участию в конкурсах на гранты и на продолжение работы по проекту в студенческом бизнес-инкубаторе с дальнейшей перспективой создания собственного малого предприятия и размещения его в технико-внедренческой зоне.

Проектная организация учебного процесса позволяет студентам самостоятельно определять важную для себя цель, искать и коллективно реализовать пути её достижения.

## 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

### *История изобретения радио*

Русский ученый Александр Степанович Попов, 7 мая (по новому стилю) 1895 года впервые в мире сделал научный доклад об изобретенном им методе использования излученных электромагнитных волн для беспроводной передачи электрических сигналов, содержащих полезную информацию для получателя, и продемонстрировал такую передачу в действии, получая в приемнике эту информацию. В марте следующего года он продемонстрировал уже прибор для передачи сигналов, передав на расстояние 250 м радиограмму из двух слов "Генрих Герц".

Первые сообщения об этом докладе появились в газете "Кронштадский вестник" (от 30 июня 1895 года). Описание аппаратуры А. С. Попова и полученных им результатов было опубликовано А. С. Поповым в ряде журналов, в том числе в журналах Русского физико-химического общества (РФХО) - том 27 от 24 ноября 1895 года и том 28 от 28 февраля 1896 года.



Попов А.С.

Предложенный А. С. Поповым метод беспроводной передачи полезной информации путем модуляции излучаемых электромагнитных волн получил в дальнейшем название радиопередачи (Radio - испускать лучи, лат.).

Изготовление первых радиопередатчиков был организован в Кронштадте по чертежам и под руководством А. С. Попова в мастерских лейтенанта Е. В. Колбасьева. Кроме того, для удовлетворения растущих потребностей флота в такой аппаратуре к ее изготовлению были привлечены иностранные фирмы, которым были переданы чертежи А. С. Попова. Это фирма Э. Дюкрете во Франции и Всеобщая Компания электричества (AEG) в Германии (профессор А. Слаби и граф Арко). Э. Дюкрете представил 19

ноября 1897 года на выставку в Париже образцы такой аппаратуры, а 21 января 1898 года делал доклад о ней на заседании Французского физического общества.

Таким образом, производство радиоаппаратуры А. С. Попова в Кронштадте в мастерских Е. В. Колбасьева можно считать первым в мире промышленным выпуском приемной и передающей радиоаппаратуры, а эти мастерские были первенцем отечественной радиопромышленности. Примеру мастерских Е. В. Колбасьева, фирм Э. Дюкрете и АЕГ последовала Англия, которая как колониальная держава особенно нуждалась в радиосвязи с кораблями и с колониями. Некоторое количество такой аппаратуры было изготовлено в Англии военным ведомством.

Этими работами заинтересовался молодой предприимчивый итальянец Гульельмо Маркони, который согласно сообщениям западной прессы, пытался повторить опыты А. С. Попова. Первое сообщение об этом появилось в печати (журнал "The Electrician" сентябрь 25, 1896 г.; журнал "Revista Marittimo" апрель 1897 г.) без каких либо подробностей и без описания аппаратуры и полученных результатов. Г. Маркони 2 июня 1896 г. подал в Англии заявку на изобретение аппаратуры для связи без проводов с помощью электромагнитных волн, 2 марта 1897 года он закончил внесение изменений в эту заявку и 2 июля 1897 года он получил английский патент №12039 на "Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого".

Описание аппаратуры Г. Маркони было впервые опубликовано в докладе инженера У. Г. Приса в Королевском Обществе Англии 4 июня 1897 года, который был напечатан в журнале "The Electrician" (1897 г., 11 июня, с. 216-218). Из этого доклада следует, что Г. Маркони в своем патенте применил приемник по схеме А. С. Попова, а его "Усовершенствования" состояли в добавлении (с целью внесения отличий от приемника А. С. Попова) в приемник отдельной батареи звонка, что усложнило схему. Из сравнения схем А. С. Попова и Г. Маркони следует, что Г. Маркони отстал от

А. С. Попова на 2 года.

Как колониальная держава, владеющая большим флотом в морях и океанах, Англия остро нуждалась в быстрой беспроводной связи с колониями и кораблями. Поэтому Г. Маркони открывались блестящие перспективы получения больших заказов на аппаратуру радиосвязи, для выполнения которых необходимо создание мощной радиопромышленности. С этой целью Г. Маркони в 1899 году создает в Англии фирму "Marconi Telegraph Company", а в 1900 году эта фирма получает название "Marconi Wireless Telegraph Company". Таким образом, в создании радиопромышленности Г. Маркони отстал от А. С. Попова на 3-4 года. Однако необходимо отметить, что наряду с созданием этой фирмы господин Маркони сделал большой вклад в развитие радиосвязи, активно работая по определению дальности приема радиосигналов на приемник, аналогичный по схеме приемнику А. С. Попова.

### ***История развития полупроводниковой отрасли***

Впервые полупроводниковые диоды были созданы в 1906 году. Для нужд детектирования радиосигналов. Оказалось, что контакты разнородных материалов обладают несимметричной проводимостью в зависимости от направления тока. Лучшими оказались контакты Гален-сталь и цинкит-халькопирит. Это и есть те самые кристаллические детекторы, в которых приходилось искать чувствительную точку, возя иглой по кристаллу Галена. Несмотря на этот недостаток, кристаллические детекторы сразу получили широкое распространение.

Открытие полупроводников, добавило мировой индустрии два мощных научно производственных направления - электронику и оптическую электронику.

Нобелевский лауреат Жорес Алферов как-то отметил, что в XX веке состоялось три основных открытия, определивших на долгие годы развитие науки и техники: искусственное деление урана, транзисторы, лазеры. Среди



них наиболее значимым для человечества является появление транзистора на полупроводниках и последовавшее за этим создание и развитие микро- и оптоэлектроники – основы современной техники связи и информатики.

В 1907 году английский инженер Х.Д. Раунд, трудившийся во всемирно известной лаборатории Маркони, случайно заметил, что у работающего детектора вокруг точечного контакта возникает свечение.

В 20-е годы XX века, Олег Владимирович Лосев, в Нижегородской радиолaborатории (НРЛ), исследовал явление излучательной рекомбинация и наблюдал свечение кристаллов карборунда (карбид кремния SiC). О.В.Лосев обессмертил свое имя этим открытием, он первый в мире показал электролюминесценцию полупроводников, т.е. испускание ими света при протекании электрического тока.

В 1947 году американские учёные Дж. Бардин, У. Бреттейн и У. Шокли создали первый транзистор.

1948-1950 годы. Не только в США, но и в других странах шли научные исследования в области полупроводников. Так физик В.Е.Лошкарев еще в 1946 году открыл биполярную диффузию неравновесных носителей тока в полупроводниках. Разработка инженером А.В.Красиловым и его группой германиевых диодов для радиолокационных станций. Во Фрязино (Моск. обл.) в НИИ-160 (НИИ “Исток”). А.В.Красиловым и С.Г.Мадоян впервые наблюдался транзисторный эффект. Создатели отечественного транзистора А.В.Красилов и С.Г.Мадоян опубликовали первую в СССР статью о транзисторах под названием “Кристаллический триод”. Лабораторные образцы германиевых транзисторов были разработаны Б.М.Вулом, А.В.Ржановым, В.С.Вавиловым и др. (ФИАН), В.М.Тучкевичем, Д.Н.Наследовым (ЛФТИ), С.Г.Калашниковым, Н.А.Пениным и др. (ИРЭ АН СССР).

В 1951 году центр по разработке «полупроводниковых лампочек», действующих на основе «эффекта Лосева», был создан в Америке, где его возглавил К. Леховец.

1955 год. Изобретатель транзистора Уильям Шокли (William Shockley) основал в Санта Кларе компанию Shockley Semiconductor Laboratories и привлек в нее 12 молодых ученых, занимавшихся в разных фирмах германиевыми и кремниевыми транзисторами.

В 1954 году, в Томском СФТИ В.А.Пресновым была открыта лаборатория полупроводников. Вопреки общей тенденции перехода от германия к кремнию, а затем уже к более сложным полупроводникам, томские исследователи сразу перешли к арсениду галлия.

Совместная работа коллективов ТГУ, СФТИ и НИИПП позволила выполнить ряд важных разработок, создать приборы на основе арсенида галлия – материала, СВЧ-электроника и ИК-оптики. Определяющую роль в разработке этих приборов сыграли профессора С.С. Хлудков, О.П.Толбанов, В.Г.Воеводин, Н.П. Криворотов, А.А. Вилисов, В.Г. Божков, А.В.Войцеховский.

В 1962 году первые, имеющие промышленное значение светодиоды были созданы в лабораториях Иллинойского Университета на основе структур GaAsP/GaP Ником Холоньяком (США).

В 1968 году – первая светодиодная лампочка для индикатора Monsanto.

В 60-е годы были созданы светодиоды из GaP с красным и желто-зеленым свечением. Внешний квантовый выход (отношение числа излученных светодиодом фотонов к общему числу перенесенных через p-n-переход элементарных зарядов) был не более 0,1%. Длина волны излучения этих приборов находилась в пределах 500-600 нм – области наивысшей чувствительности человеческого глаза, – поэтому яркость их желто-зеленого излучения была достаточной для целей индикации. Световая отдача светодиодов при этом составляла приблизительно 1-2 Лм/Вт.

В 1968 году в США появился первый рекламный светодиодный экран, от Hewlett-Packard, и представлял собой дисплей со слабым световым потоком и только красным цветом. В августе 2006 в США придорожных электронный было минимум 200, но за последний год количество

электронных «биллбордов» в США удвоилось, что привело к значительному толчку во всех аспектах индустрии (производстве, управлении и медиа закупки).

В 70-е годы XX века совершенствование светодиодов проходило по двум направлениям – увеличение внешнего квантового выхода и расширение спектра излучения.

В 70-е годы Ж. И. Алферов (лауреат Ленинской премии), с сотрудниками, разработал так называемые многопроходные двойные гетероструктуры, позволившие значительно увеличить внешний квантовый выход за счет ограничения активной области рекомбинации. Были предложены и практически изготовлены гетероструктуры, сначала на основе GaAs и его твердых растворов типа AlGaAs, а затем и на основе других полупроводниковых соединений, при этом был достигнут внешний квантовый выход до 15% для красной части спектра (световая отдача до 10 Лм/Вт) и более 30% – для инфракрасной. Показателен факт присуждения Жоресу Ивановичу Алферову Нобелевской премии в 2000 году, когда стали очевидными важность и огромное значение его работ для развития науки и техники.

В 70-х годах группа Дж. Панкова из лаборатории компании IBM (J. Pankove, RCA, Princetone, USA) создала фиолетовые и голубые диоды на основе эпитаксиальных пленок GaN, но срок их службы был очень ограничен.

В 1976 году компания Hewlett Packard разработала светодиоды на основе фосфидов алюминия-галлия-индия которые излучали красно-оранжевый, желтый и желто-зеленый свет.

С 1985 года световой поток светодиодов увеличился до 1-100 лм, и они уже стали применяться в качестве отдельных световых элементов, таких, например, как лампы в автомобилях.

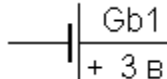
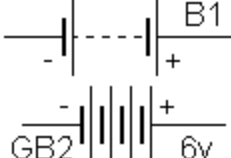

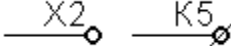
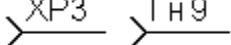
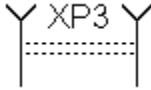

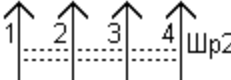
28 марта 1991 года, проблему отсутствия приборов, излучающих в синем диапазоне, решил доктор Ш. Накамура (Shuji Nakamura) из японской

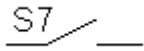
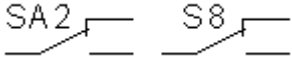
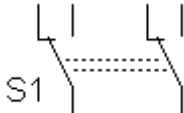
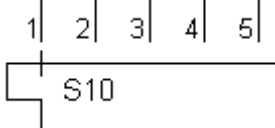
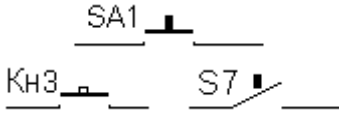


компании Nichia Chemical с помощью гетероструктуры на основе нитрида индия-галлия InGaN. Изобретение синих светодиодов замкнуло “RGB-круг”: теперь стало возможным получение любого цвета, в том числе любого оттенка белого цвета простым смешением цветов. При этом могут быть использованы как отдельные светодиоды разных цветов, так и трехкристальные светодиоды, объединяющие кристаллы красного, синего и зеленого свечения в одном корпусе.

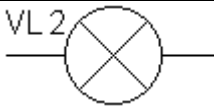

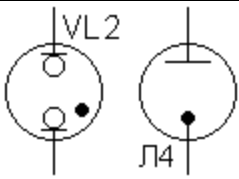
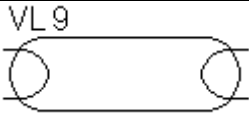
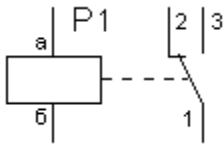
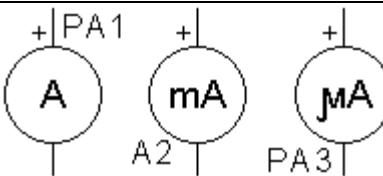
С 1993 начало коммерческого производства светодиодов на основе InGaN корпорацией Nichia.

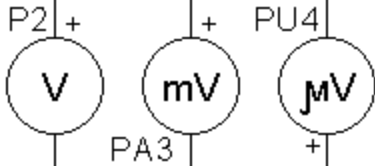
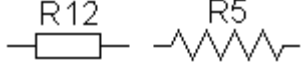
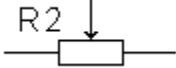
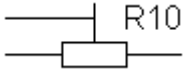
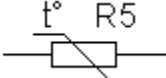
В 1996 году корпорацией Nichia разработан и внедрён в массовое производство светодиод белого цвета свечения на основе кристалла InGaN и фотолюминофора YAG.

### 3. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И ИХ АНАЛИЗ

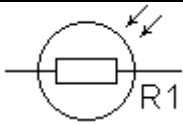
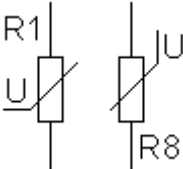
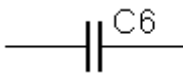
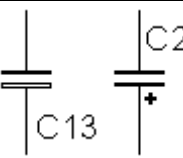
Графическое обозначение (варианты)	Наименование элемента	Краткое описание элемента
	Элемент питания	Одиночный источник электрического тока, в том числе: часовые батарейки; пальчиковые солевые батарейки; сухие аккумуляторные батарейки; батареи сотовых телефонов
	Батарея элементов питания	Набор одиночных элементов, предназначенный для питания аппаратуры повышенным общим напряжением (отличным от напряжения одиночного элемента), в том числе: батареи сухих гальванических элементов питания; аккумуляторные батареи сухих, кислотных и щелочных элементов
	Узел	Соединение проводников. Отсутствие точки (кружочка) говорит о том, что проводники на схеме пересекаются, но не соединяются друг с другом – это разные проводники. Не имеет буквенно-цифрового обозначения
	Контакт	Вывод радиосхемы, предназначенный для «жёсткого» (как правило - винтового) подсоединения к нему проводников. Чаще используется в больших системах управления и контроля электропитанием сложных многоблочных электросхем
	Гнездо	Соединительный легкоразъёмный контакт типа «разъём» (на радиолюбительском сленге - "мама"). Применяется преимущественно для кратковременного, легко разъединяемого подключения внешних приборов, переключек и других элементов цепи, например в качестве контрольного гнезда
	Розетка	Панель, состоящая из нескольких (не менее 2-х) контактов "гнездо". Предназначена для многоконтактного соединения радиоаппаратуры. Типичный пример – бытовая электророзетка "220В"
	Штекер	Контактный легкоразъёмный штыревой контакт (на сленге радиолюбителей - "папа"), предназначенный для кратковременного подключения к участку электрорадиоцепи
	Вилка	Многоштеккерный разъем, с числом контактов не менее двух предназначенный для многоконтактного соединения

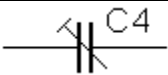
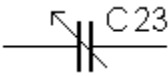

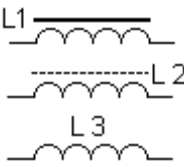
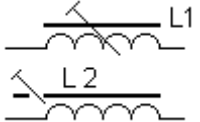
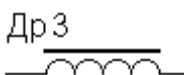
		радиоаппаратуры. Типичный пример - сетевая вилка бытового прибора "220В"
	Выключатель	Двухконтактный прибор, предназначенный для замыкания (размыкания) электрической цепи. Типичный пример – выключатель света "220В" в помещении
	Переключатель	Трёхконтактный прибор, предназначенный для переключения электрических цепей. Один контакт имеет два возможных положения
	Тумблер	Два "спаренных" переключателя - переключаемых одновременно одной общей рукояткой. Отдельные группы контактов могут изображаться в разных частях схемы, тогда они могут обозначаться как группа S1.1 и группа S1.2. Кроме того, при большом расстоянии на схеме они могут соединяться одной пунктирной линией
	Галетный переключатель	Переключатель, в котором один контакт "ползункового" типа, может переключаться в несколько разных положений. Бывают спаренные галетные переключатели, в которых имеется несколько групп контактов
	Кнопка	Двухконтактный прибор, предназначенный для кратковременного замыкания (размыкания) электрической цепи путём нажатия на него. Типичный пример – кнопка дверного звонка квартиры
	Общий провод	Контакт радиосхемы, имеющий условный "нулевой" потенциал относительно остальных участков и соединений схемы. Обычно, это вывод схемы, потенциал которого либо самый отрицательный относительно остальных участков схемы (минус питания схемы), либо самый положительный (плюс питания схемы). Не имеет буквенно-цифрового обозначения
	Заземление	Вывод схемы, подлежащий подключению к Земле. Позволяет исключить возможное появление вредоносного статического электричества, а также предотвращает поражение от электрического тока в случае возможного попадания опасного напряжения на поверхности радиоприборов и блоков, которых касается человек, стоящий на мокром грунте. Не имеет буквенно-цифрового обозначения

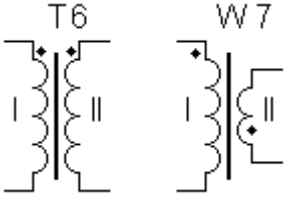
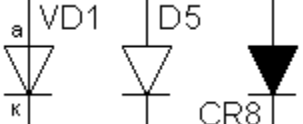
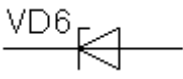
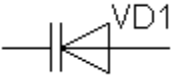
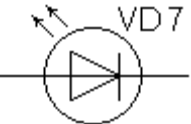
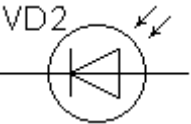
	<p>Лампа накаливания</p>	<p>Электрический прибор, применяемый для освещения. Под действием электрического тока происходит свечение вольфрамовой нити накала (её горение). Не сгорает нить потому, что внутри колбы лампы нет химического окислителя – кислорода</p>
	<p>Сигнальная лампа</p>	<p>Лампа, предназначенная для контроля (сигналирования) состояния различных цепей устаревшей аппаратуры. В настоящее время, вместо сигнальных ламп используют светодиоды, потребляющие более слабый ток и более надёжные</p>
	<p>Неоновая лампа</p>	<p>Газоразрядная лампа, наполненная инертным газом. Цвет свечения зависит от вида газа-наполнителя : неон – красно-оранжевое, гелий – синее, аргон – сиреневое, криптон – сине-белое. Применяют и другие способы придать определённый цвет лампе наполненной неоном – использование люминесцентных покрытий (зелёного и красного свечения)</p>
	<p>Лампа дневного света (ЛДС)</p>	<p>Газоразрядная лампа, в том числе колба миниатюрной энергосберегающей лампы, использующая люминесцентное покрытие – химический состав с послесвечением. Применяется для освещения. При одинаковой потребляемой мощности, обладает более ярким светом, чем лампа накаливания</p>
	<p>Электромагнитное реле</p>	<p>Электрический прибор, предназначенный для переключения электрических цепей, путём подачи напряжения на электрическую обмотку (соленоид) реле. В реле может быть несколько групп контактов, тогда эти группы нумеруются (например P1.1, P1.2)</p>
	<p>Амперметр, миллиамперметр, микроамперметр</p>	<p>Электрический прибор, предназначенный для измерения силы электрического тока. В своём составе имеет неподвижный постоянный магнит и подвижную магнитную рамку (катушку), на которой крепится стрелка. Чем больше ток, протекающий через обмотку рамки, тем на больший угол стрелка отклоняется. Амперметры подразделяются по номинальному току полного отклонения стрелки, по классу точности и по области применения</p>

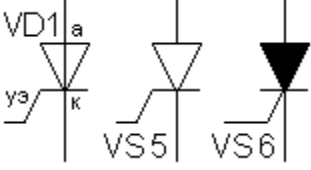
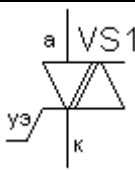
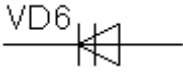
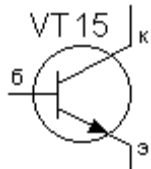
	<p>Вольтметр, милливольтметр, микровольтметр</p>	<p>Электрический прибор, предназначенный для измерения напряжения электрического тока. Фактически ничем не отличается от амперметра, так как делается из амперметра, путём последовательного включения в электрическую цепь через добавочный резистор. Вольтметры подразделяются по номинальному напряжению полного отклонения стрелки, по классу точности и по области применения</p>
	<p>Резистор</p>	<p>Радиоприбор, предназначенный для уменьшения тока, протекающего по электрической цепи. На схеме указывается значение сопротивления резистора. Рассеиваемая мощность резистора изображается специальными полосками, или римскими символами на графическом изображении корпуса в зависимости от мощности (0,125Вт – две косых линии "\/", 0,25 – одна косая линия "\/", 0,5 – одна линия вдоль резистора "-", 1Вт – одна поперечная линия "I", 2Вт – две поперечных линии "II", 5Вт – галочка "V", 7Вт – галочка и две поперечных линии "VII", 10Вт – перекрестие "X", и т.д.). У Американцев обозначение резистора – зигзагообразное, как показано на рисунке</p>
	<p>Переменный резистор</p>	<p>Резистор, сопротивление которого на его центральном выводе регулируется с помощью "ручки-регулятора". Номинальное сопротивление, указанное на схеме – это полное сопротивление резистора между его крайними выводами, которое не регулируется. Переменные резисторы бывают спаренные (2 на одном регуляторе)</p>
	<p>Подстроечный резистор</p>	<p>Резистор, сопротивление которого на его центральном выводе регулируется с помощью "шлица-регулятора" - отверстия под отвёртку. Как и у переменного резистора, номинальное сопротивление, указанное на схеме – это полное сопротивление резистора между его крайними выводами, которое не регулируется</p>
	<p>Терморезистор</p>	<p>Полупроводниковый резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от окружающей температуры. При увеличении температуры, сопротивление терморезистора уменьшается, а при уменьшении</p>



		температуры наоборот, увеличивается. Применяется для измерения температуры в качестве термодатчика, в цепях термостабилизации различных каскадов аппаратуры и т.д.
	Фоторезистор	Резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от освещённости. При увеличении освещённости, сопротивление терморезистора уменьшается, а при уменьшении освещённости наоборот – увеличивается. Применяется для измерения освещенности, регистрации колебаний света и т.д. Типичный пример – "световой барьер" турникета. В последнее время вместо фоторезисторов чаще используются фотодиоды и фототранзисторы
	Варистор	Полупроводниковый резистор, резко уменьшающий своё сопротивление при достижении приложенного к нему напряжения определённого порога. Варистор предназначен для защиты электрических цепей и радиоприборов от случайных "скачков" напряжения
	Конденсатор	Элемент радиосхемы, обладающий электрической ёмкостью, способный накапливать электрический заряд на своих обкладках. Применение в зависимости от величины ёмкости разнообразно, самый распространённый радиоэлемент после резистора
	Конденсатор электролитический	Конденсатор, при изготовлении которого применяется электролит, за счет этого при сравнительно малых размерах обладает намного большей ёмкостью, чем обыкновенный "неполярный" конденсатор. При его применении необходимо соблюдать полярность, в противном случае электролитический конденсатор теряет свои накопительные свойства. Используется в фильтрах питания, в качестве проходных и накопительных конденсаторов низкочастотной и импульсной аппаратуры. Обычный электролитический конденсатор саморазряжается за время не более минуты, обладает свойством "терять" ёмкость вследствие высыхания электролита, для исключения эффектов саморазряда и потери ёмкости используют более дорогие конденсаторы – танталовые

	Подстроечный конденсатор	Конденсатор, у которого ёмкость регулируется с помощью "шлица-регулятора" - отверстия под отвёртку. Используется в высокочастотных контурах радиоаппаратуры
	Переменный конденсатор	Конденсатор, ёмкость которого регулируется с помощью выведенной наружу радиоприёмного устройства рукоятки (штурвала). Используется в высокочастотных контурах радиоаппаратуры в качестве элемента селективного контура, изменяющего частоту настройки радиопередатчика, или радиоприемника
	Пьезоэлектрический резонатор	Высокочастотный прибор, обладающий резонансными свойствами подобно колебательному контуру, но на определённой фиксированной частоте. Может применяться на "гармониках" - частотах, кратных резонансной частоте, указанной на корпусе прибора. Часто, в качестве резонирующего элемента используется кварцевое стекло, поэтому резонатор называют "кварцевый резонатор", или просто "кварц". Применяется в генераторах гармонических (синусоидальных) сигналов, тактовых генераторах, узкополосных частотных фильтрах и др.
	Катушка индуктивности	Обмотка (катушка) из медного провода. Может быть бескаркасной, на каркасе, а может выполняться с использованием магнитопровода (сердечника из магнитного материала). Обладает свойством накопления энергии за счёт магнитного поля. Применяется в качестве элемента высокочастотных контуров, частотных фильтров и даже антенны приёмного устройства
	Подстроечная катушка индуктивности	Катушка с регулируемой индуктивностью, у которой имеется подвижный сердечник из магнитного (ферромагнитного) материала. Как правило, мотается на цилиндрическом каркасе. При помощи немагнитной отвёртки регулируется глубина погружения сердечника в центр катушки, тем самым изменяется её индуктивность
	Дроссель	Катушка индуктивности, содержащая большое количество витков, которая выполняется с использованием магнитопровода (сердечника). Как и

		высокочастотная катушка индуктивности, дроссель обладает свойством накопления энергии. Применяется в качестве элементов низкочастотных фильтров звуковой частоты, схем фильтров питания и импульсного накопления
	Трансформатор	Индуктивный элемент, состоящий из двух и более обмоток. Переменный (изменяющийся) электрический ток, прикладываемый к первичной обмотке, вызывает возникновение магнитного поля в сердечнике трансформатора, а оно в свою очередь наводит магнитную индукцию во вторичной обмотке. В результате на выходе вторичной обмотки появляется электрический ток. Точки на графическом обозначении у краёв обмоток трансформатора обозначают начала этих обмоток, римские цифры – номера обмоток (первичная, вторичная)
	Диод	Полупроводниковый прибор, способный пропускать ток в одну сторону, а в другую нет. Направление тока можно определить по схематическому изображению – сходящиеся линии, подобно стрелке указывают направление тока. Выводы анода и катода буквами на схеме не обозначаются
	Стабилитрон (стабистор)	Специальный полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации приложенного к его выводам напряжения обратной полярности (у стабистора – прямой полярности)
	Варикап	Специальный полупроводниковый диод, обладающий внутренней ёмкостью и изменяющий её значение в зависимости от амплитуды приложенного к его выводам напряжения обратной полярности. Применяется для формирования частотно-модулированного радиосигнала, в схемах электронного регулирования частотными характеристиками радиоприемников
	Светодиод	Специальный полупроводниковый диод, кристалл которого светится под действием приложенного прямого тока. Используется как сигнальный элемент наличия электрического тока в определённой цепи. Бывает различных цветов свечения
	Фотодиод	Специальный полупроводниковый диод, при освещении которого на выводах появляется слабый электрический ток. Применяется для измерения

		освещенности, регистрации колебаний света и т.д., подобно фоторезистору
	Тиристор (тринистор)	Полупроводниковый прибор, предназначенный для коммутации электрической цепи. При подаче небольшого положительного напряжения на управляющий электрод относительно катода, тиристор открывается и проводит ток в одном направлении (как диод). Закрывается тиристор только после пропадания протекающего от анода к катоду тока, или смены полярности этого тока. Выводы анода, катода и управляющего электрода буквами на схеме не обозначаются
	Симистор	Составной тиристор, способный коммутировать токи как положительной полярности (от анода к катоду), так и отрицательной (от катода к аноду). Как и тиристор, симистор закрывается только после пропадания протекающего от анода к катоду тока, или смены полярности этого тока
	Динистор	Вид тиристора, который открывается (начинает пропускать ток) только при достижении определённого напряжения между его анодом и катодом, и запирается (прекращает пропускать ток) только при уменьшении тока до нуля, или смены полярности тока. Используется в схемах импульсного управления
	n-p-n транзистор	Биполярный транзистор, который управляется положительным потенциалом на базе относительно эмиттера (стрелка у эмиттера показывает условное направление тока). При этом при повышении входного напряжения база-эмиттер от нуля до 0,5 вольта, транзистор находится в закрытом состоянии. После дальнейшего повышения напряжения от 0,5 до 0,8 вольта транзистор работает как усилительный прибор. На конечном участке "линейной характеристики" (около 0,8 вольта) транзистор насыщается (полностью открывается). Дальнейшее повышение напряжения на базе транзистора опасно, транзистор может выйти из строя (происходит резкий рост тока базы). В соответствии с "учебниками", биполярный транзистор управляется током база-эмиттер. Направление коммутируемого тока в n-p-n

		транзисторе – от коллектора к эмиттеру. Выводы базы, эмиттера и коллектора буквами на схеме не обозначаются
	р-n-р транзистор	Биполярный транзистор, который управляется отрицательным потенциалом на базе относительно эмиттера (стрелка у эмиттера показывает условное направление тока). В соответствии с "учебниками", биполярный транзистор управляется током база-эмиттер. Направление коммутируемого тока в р-n-р транзисторе – от эмиттера к коллектору. Выводы базы, эмиттера и коллектора буквами на схеме не обозначаются
	Фототранзистор	Транзистор (как правило - n-p-n), сопротивление перехода "коллектор-эмиттер" которого уменьшается при его освещении. Чем выше освещённость, тем меньше сопротивление перехода. Применяется для измерения освещенности, регистрации колебаний света (световых импульсов) и т.д., подобно фоторезистору
<p>п-канальный</p> <p>р-канальный</p>	Транзистор полевой	Транзистор, сопротивление перехода "сток-исток" которого уменьшается при подаче напряжения на его затвор относительно истока. Обладает большим входным сопротивлением, что повышает чувствительность транзистора к малым входным токам. Имеет электроды: Затвор, Исток, Сток и Подложку (бывает не всегда). По принципу работы, можно сравнить с водопроводным краном. Чем больше напряжение на затворе (на больший угол повёрнута рукоятка вентиля), тем больший ток (больше воды) течёт между истоком и стоком. По сравнению с биполярным транзистором имеет больший диапазон регулирующего напряжения – от нуля, до десятков вольт. Выводы затвора, истока, стока и подложки буквами на схеме не обозначаются
	Транзистор полевой со встроенным n-каналом	Полевой транзистор, управляемый положительным потенциалом на затворе, относительно истока. Имеет изолированный затвор. Обладает большим входным сопротивлением, и очень малым выходным сопротивлением, что позволяет малыми входными токами управлять большими выходными токами. Чаще всего, технологически подложка соединена с истоком

	<p>Транзистор полевой со встроенным р-каналом</p>	<p>Полевой транзистор, управляемый отрицательным потенциалом на затворе, относительно истока (для запоминания р-канал - позитив). Имеет изолированный затвор. Обладает большим входным сопротивлением, и очень малым выходным сопротивлением, что позволяет малыми входными токами управлять большими выходными токами. Чаще всего, технологически подложка соединена с истоком</p>
	<p>Транзистор полевой с индуцированными п-каналом</p>	<p>Полевой транзистор, обладающий теми же свойствами, что и "со встроенным п-каналом" с той разницей, что имеет ещё большее входное сопротивление. Чаще всего, технологически подложка соединена с истоком. По технологии изолированного затвора исполняются MOSFET транзисторы, управляемые входным напряжением от 3 до 12 вольт (в зависимости от типа), имеющие сопротивление открытого перехода сток-исток от 0,1 до 0,001 Ом (в зависимости от типа)</p>
	<p>Транзистор полевой с индуцированными р-каналом</p>	<p>Полевой транзистор, обладающий теми же свойствами, что и "со встроенным р-каналом" с той разницей, что имеет ещё большее входное сопротивление. Чаще всего, технологически подложка соединена с истоком</p>

## 4. АКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦЕПЕЙ

### Схема включения транзистора с общей базой

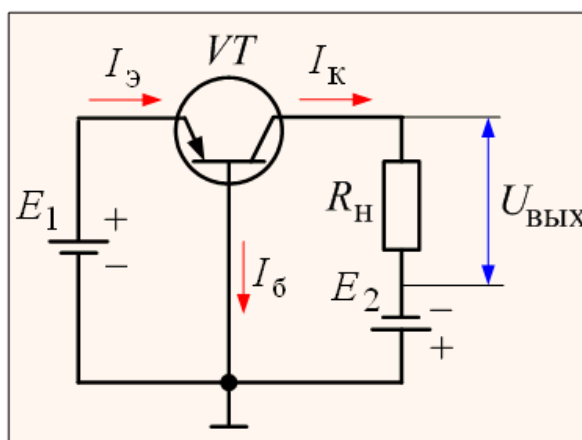


Рисунок 1 – Включение транзистора по схеме с общей базой

Основные параметры, характеризующие эту схему включения получим следующим образом:

1. Коэффициент передачи по току:

$$K_{I\delta} = \alpha = \frac{I_k}{I_э} \approx 0,95 \div 0,99, \quad (4.1)$$

2. Входное сопротивление:

$$R_{вх\delta} = \frac{E_1}{I_э}, \quad (4.2)$$

Входное сопротивление транзистора, включенного в схему с общей базой, невелико и определяется, в основном, сопротивлением эмиттерного  $p$ - $n$ -перехода в прямом направлении. На практике оно составляет единицы – десятки Ом. Это следует отнести к недостаткам усилительного каскада, так как приводит к нагружению источника входного сигнала.

3. Коэффициент передачи по напряжению:

$$K_{U\delta} = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = \frac{I_k R_H}{E_1} = \frac{I_k R_H}{I_э R_{вх\delta}} = \alpha \frac{R_H}{R_{вх\delta}}, \quad (4.3)$$

Коэффициент передачи по напряжению может быть достаточно большим (десятки – сотни единиц), так как определяется, в основном, соотношением между сопротивлением нагрузки  $R_H$  и входным сопротивлением.

4. Коэффициент передачи по мощности:

$$K_{P\delta} = K_{I\delta}K_{U\delta} = \alpha^2 \frac{R_H}{R_{вх\delta}}. \quad (4.4)$$

Для реальных схем коэффициент передачи по мощности равняется десятки – сотни единиц.

### ***Схема включения транзистора с общим эмиттером***

Источник входного сигнала  $E_1$  включен в прямом направлении по отношению к эмиттерному переходу, а источник питания  $E_2$  включен в обратном направлении по отношению к коллекторному переходу, и в прямом по отношению к эмиттерному. Под действием источника входного сигнала  $E_1$  в базовой цепи протекает ток  $I_{\delta}$ ; происходит инжекция носителей из эмиттерной области в базовую; часть из них под действием поля коллекторного перехода перебрасывается в коллекторную область, образуя, таким образом, ток в цепи коллектора  $I_K$ , который протекает под действием источника питания  $E_2$  через эмиттер и базу. Поэтому:

$$I_{\delta} = I_{\delta} + I_K. \quad (4.5)$$

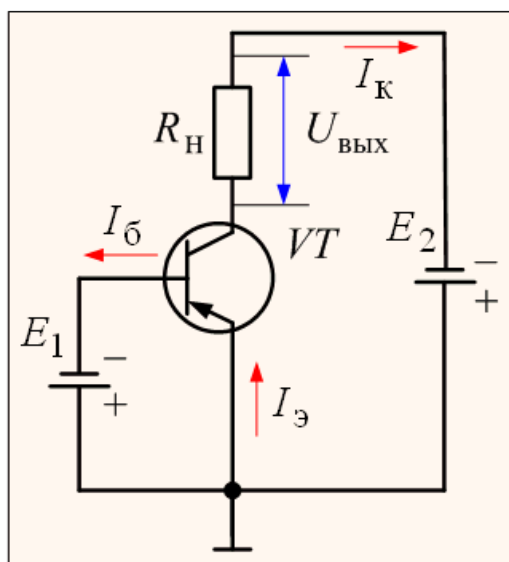


Рисунок 2 – Включение транзистора по схеме с общим эмиттером

Входным током является ток базы  $I_{\delta}$ , а выходным – ток коллектора  $I_K$ . Выходным напряжением является падение напряжения на сопротивлении нагрузки  $R_H$ . Основные параметры, характеризующие эту схему включения



определим из выражений:

1. Коэффициент усиления по току:

$$K_{I\varepsilon} = \beta = \frac{I_K}{I_6} = \frac{I_K}{I_3 - I_K}, \quad (4.6)$$

поделив в этом выражении числитель и знаменатель дроби на ток эмиттера  $I_3$ , получим:

$$\beta = \frac{\frac{I_K}{I_3}}{\frac{I_3 - I_K}{I_3}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad (4.7)$$

Видно, что в схеме с общим эмиттером коэффициент передачи по току достаточно большой, так как  $\alpha$  – величина, близкая к единице, и составляет десятки – сотни единиц.

2. Входное сопротивление транзистора в схеме с общим эмиттером:

$$R_{\text{вх}\varepsilon} = \frac{E_1}{I_6} = \frac{E_1}{I_3 - I_K}, \quad (4.8)$$

поделив в этом выражении числитель и знаменатель на ток эмиттера  $I_3$ , получим:

$$R_{\text{вх}\varepsilon} = \frac{\frac{E_1}{I_3}}{\frac{I_3 - I_K}{I_3}} = \frac{R_{\text{вх}\delta}}{1 - \alpha}, \quad (4.9)$$

Отсюда следует, что:  $R_{\text{вх}\varepsilon} \gg R_{\text{вх}\delta}$ , т. е. по этому параметру схема с общим эмиттером значительно превосходит схему с общей базой. Для схемы с общим эмиттером входное сопротивление лежит в диапазоне сотни Ом – единицы кОм.

3. Коэффициент передачи по напряжению:

$$K_{U\varepsilon} = \frac{I_K R_H}{E_1} = \frac{I_K R_H}{I_6 R_{\text{вх}\varepsilon}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{R_H}{R_{\text{вх}\delta}}. \quad (4.10)$$

Подставляя сюда  $R_{\text{вх}\varepsilon}$  из (3.10), получим:

$$K_{U\varepsilon} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{R_H}{R_{\text{вх}\delta}} = \alpha \frac{R_H}{R_{\text{вх}\delta}}, \quad (4.11)$$

т. е. коэффициент передачи по напряжению в этой схеме точно такой же, как и в схеме с общей базой  $K_{U\varepsilon} = K_{U\delta}$  и составляет десятки – сотни единиц.

4. Коэффициент передачи по мощности:

$$K_{P\varepsilon} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{R_H}{R_{BХ\varepsilon}} = \alpha \frac{R_H}{R_{BХ\delta}}, \quad (4.12)$$

$$K_{P\varepsilon} = K_{I\varepsilon} K_{U\varepsilon} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \frac{R_H}{R_{BХ\delta}}, \quad (4.13)$$

что значительно больше, чем в схеме с общей базой (сотни – десятки тысяч единиц).

### *Схема включения транзистора с общим коллектором*

Основные параметры этой схемы следующие:

1. Коэффициент усиления по току:

$$K_{Iк} = \gamma = \frac{I_\varepsilon}{I_\delta} = \frac{I_\varepsilon}{I_\varepsilon - I_к}. \quad (4.14)$$

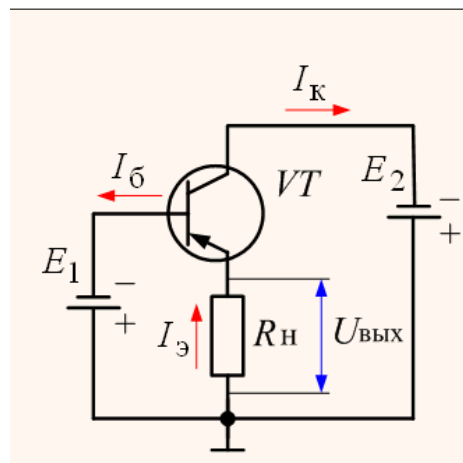


Рисунок 3 – Включение транзистора по схеме с общим коллектором

Поделив числитель и знаменатель этой дроби на ток эмиттера  $I_\varepsilon$ , получим:

$$\gamma = \frac{I_\varepsilon}{\frac{I_\varepsilon - I_к}{I_\varepsilon}} = \frac{1}{1-\alpha}, \quad (4.15)$$

т. е. коэффициент передачи по току в схеме с общим коллектором почти такой же, как в схеме с общим эмиттером:

$$\gamma \approx \beta.$$

Входное сопротивление в этой схеме включения оказывается наибольшим из всех рассмотренных схем (десятки – сотни кОм).

3. Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_{U\kappa} = \frac{I_{\text{э}} R_{\text{н}}}{I_{\text{б}} R_{\text{вх}\kappa}}, \quad (4.16)$$

Преобразуем это выражение с учетом выражений:

$$K_{U\kappa} = \frac{R_{\text{н}}}{(1-\alpha)R_{\text{вх}\kappa}} = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}\text{б}} + R_{\text{н}}}. \quad (4.17)$$

Поскольку  $R_{\text{вх}\text{б}}$  представляет собой малую величину, то можно считать, что  $K_{U\kappa} \approx 1$ , т. е. усиления по напряжению в этой схеме нет.

4. Коэффициент усиления по мощности:

$$K_{P\kappa} = K_{I\kappa} K_{U\kappa} = \frac{1}{1-\alpha} \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}\text{б}} + R_{\text{н}}}, \quad (4.18)$$

на практике он составляет десятки – сотни единиц.

Схему с общим коллектором часто называют *эмиттерным повторителем*, потому что, во-первых, нагрузка включена здесь в цепь эмиттера, а во-вторых, выходное напряжение в точности повторяет входное и по величине ( $K_{U\kappa} \approx 1$ ) и по фазе.

Схема с общим эмиттером является наиболее распространенной, т. к. дает наибольшее усиление по мощности из всех схем.

Схема с общей базой хоть и имеет меньшее усиление по мощности и имеет меньшее входное сопротивление, все же ее иногда применяют на практике, т. к. она имеет лучшие температурные свойства.

Схему с общим коллектором очень часто применяют в качестве входного каскада усиления из-за его высокого входного сопротивления и способности не нагружать источник входного сигнала.

Таблица 1. Параметры схем включения биполярного транзистора

Параметр	Схема с ОБ	Схема с ОЭ	Схема с ОК
Коэффициент усиления по току $K_I$	Немного меньше единицы	Десятки – сотни единиц	Десятки – сотни единиц
Коэффициент усиления по напряжению $K_U$	Десятки – сотни единиц	Десятки – сотни единиц	Немного меньше единицы
Коэффициент усиления по мощности $K_P$	Десятки – сотни единиц	Сотни – десятки тысяч единиц	Десятки – сотни единиц
Входное сопротивление $R_{вх}$	Единицы – десятки Ом	Сотни Ом – единицы кОм	Десятки – сотни кОм
Выходное сопротивление $R_{вых}$	Сотни кОм – единицы МОм	Единицы – десятки кОм	Сотни Ом – единицы кОм
Фазовый сдвиг между $U_{вых}$ и $U_{вх}$	$0^\circ$	$180^\circ$	$0^\circ$

### Выводы:

1. В отличие от схемы с общей базой схема с общим эмиттером наряду с усилением по напряжению даёт также усиление по току. Транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером, усиливает ток базы в десятки сотни раз. Усиление по напряжению в данной схеме остается таким же, как в схеме с общей базой. Поэтому усиление по мощности в схеме с общим эмиттером значительно больше, чем в схеме с общей базой.
2. Схема с общим эмиттером имеет более приемлемые значения входного и выходного сопротивлений входное больше, а выходное сопротивление меньше, чем в схеме с общей базой.
3. Благодаря указанным преимуществам схема с общим эмиттером находит наибольшее применение на практике.
4. Схема с общей базой хоть и имеет меньшее усиление по мощности и имеет меньшее входное сопротивление, все же ее иногда применяют на практике, т. к. она имеет лучшие температурные свойства.

5. Схема с общим коллектором дает усиление по току и по мощности, но не дает усиления по напряжению.
6. Схему с общим коллектором очень часто применяют в качестве входного каскада усиления из-за его высокого входного сопротивления и способности не нагружать источник входного сигнала, а также данная схема имеет наименьшее выходное сопротивление.

## Литература

1. Шарыгина Л.И. События и даты в истории радиоэлектроники. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2011. – 306 с. (<https://edu.tusur.ru/training/publications/752>)
2. 50 лет Томскому государственному университету систем управления и радиоэлектроники / сост. В.В. Подлипенский, Г.С. Шарыгин; под общ. ред. Ю.А. Шурыгина. – Томск : Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 532 с.
3. Глазачев А.В., Петрович В.П. Физические основы электроники. Конспект лекций. – Томск : изд-во Томск. политехн. ун-та, 2009. – 128 с.