

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ А.Г. Баханович

\_\_\_\_\_

Регистрационный № \_\_\_\_\_

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Примерная учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности

**7-06-0713-02 Электронные системы и технологии**

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию в  
области информатики и  
радиоэлектроники

\_\_\_\_\_ В.А. Богуш

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С.Н. Пищов

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»

\_\_\_\_\_ И.В. Титович

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Г.М.Шахлевич, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра информационно-измерительной техники и технологии Белорусского национального технического университета (протокол № 3 от 22.10.2024);

А.В.Русакевич, заместитель директора по производству научно-производственного унитарного предприятия «АТОМТЕХ» открытого акционерного общества «МНИПИ»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:**

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 6 от 11.11.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 15.11.2024);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 3 от 13.11.2024)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Проектирование и производство электронных систем являются одной из самых наукоемких и интенсивно развивающихся отраслей современной науки и техники. Их материаловедческой базой являются материалы с особыми свойствами, а также структуры на их основе. При проектировании используются современные информационные технологии, а производство основано на технологиях интегральной электроники. Их развитие в наибольшей степени определяется внедрением инновационных методов проектирования и производства.

Учебная дисциплина «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» является основной в технологической подготовке магистрантов, обучающихся по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии». Она ориентирована на изучение инновационных технологий проектирования и производства электронных систем различного назначения.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: изучение основ инноватики, экономических циклов и технологических укладов, современных материалов с особыми физико-

химическими и технологическими свойствами, а также инновационных методов проектирования и технологий производства электронных систем.

Задачи учебной дисциплины:

знакомство с основными понятиями в области инноватики и высоких технологий;

приобретение знаний о современных инновационных материалах электронной техники, задачах теоретического и прикладного материаловедения;

изучение принципов управления свойствами материалов на основе целенаправленного изменения их состава и структуры;

овладение навыками инновационного CAD-CAM проектирования изделий электронной техники и технологий их производства;

изучение физико-технологических основ инновационных технологий производства изделий интегральной электроники и электронных систем;

овладение методиками оптимизации технологий, диагностики и контроля электронных систем в соответствии с международными стандартами.

Базовыми знаниями для учебной дисциплины «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» являются знания, полученные при освоении образовательной программы общего высшего образования по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии». В свою очередь учебная дисциплина «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» является базой для такой учебной дисциплины компонента учреждения образования, как «Адаптивные информационно-измерительные системы технологического оборудования».

### ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» формируется следующая углубленная профессиональная компетенция: проектировать производство электронных систем с применением наукоемких технологий.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

основные группы современных инновационных материалов;

теоретические основы автоматизированного проектирования конструкций и технологии производства современных изделий электронной техники;

основополагающие принципы и возможности CAD-CAM проектирования изделий электронной техники;

сущность и принципы трансфера технологий, разработки и внедрения инноваций;

*уметь:*

разрабатывать методики и проводить исследования новых инновационных технологий, используя современное научно-исследовательское и технологическое оборудование и компьютерную технику;

анализировать результаты научного и технологического экспериментов, оптимизировать технологические процессы инновационного производства;

организовывать эффективную работу в коллективе, направленную на разработку новых инновационных технологий проектирования и производства;

*иметь навык:*

применения современных методов исследования основных функциональных и технологических свойств материалов электронной техники;

обоснованного выбора конструкций и технологий для инновационного производства электронных систем;

работы с прикладными пакетами САПР сквозного проектирования технологических процессов производства электронных систем;

оптимизации параметров инновационных технологических процессов, диагностики и контроля качества изделий электронной техники в соответствии с международными стандартами.

Примерная учебная программа рассчитана на 90 учебных часов, из них – 32 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 8 часов, практические занятия – 8 часов.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Тема 1. Технологические циклы и экономические уклады. Основы инноватики	2	2	-	-
Тема 2. Основы материаловедения современных инновационных материалов	4	2	2	-
Тема 3. Материалы с особыми физико-химическими свойствами и структуры на их основе	4	2	2	-
Тема 4. Теоретические основы и основные этапы моделирования и проектирования электронных систем	4	2	2	-
Тема 5. Современные САПР сквозного проектирования	8	2	2	4
Тема 6. Развитие и трансфер инновационных технологий	2	2	-	-
Тема 7. Инновационные технологии обработки материалов	6	2	-	4
Тема 8. Современные инновационные технологии производства электронных систем и нанотехнологии	2	2	-	-
<b>Итого:</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Тема 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УКЛАДЫ. ОСНОВЫ ИННОВАТИКИ

Современная промышленная революция. Виды и классификация технологий. Технологические циклы и экономические уклады. Автоматизированная система технологической подготовки производства. Понятие о современных и наукоемких технологиях. Инноватика и трансфер технологий.

### Тема 2. ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Достижения теоретического и прикладного материаловедения в области создания инновационных материалов. Размерные эффекты и особенности свойств конструкционных и радиотехнических материалов различной дисперсности.

Современные методы исследования материалов и структур на их основе.

### Тема 3. МАТЕРИАЛЫ С ОСОБЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И СТРУКТУРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Материалы с особыми механическими свойствами (высокопрочные, сверхтвердые, сверхпластичные, сверхлегкие, баллистические). Материалы с эффектом памяти формы, криогенные, электровакуумные, с особыми химическими свойствами, сверхпроводящие и др. Перспективные полупроводниковые материалы.

Свойства и технология получения, применение ультрадисперсных материалов, наноматериалов и структур на их основе.

### Тема 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Основные этапы моделирования и проектирования электронных систем. Математическое, методическое, информационное и программное обеспечение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) электронной техники.

### Тема 5. СОВРЕМЕННЫЕ САПР СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Создания сквозного цикла проектирования изготавливаемого изделия. Анализ и возможности современных САПР. Совместимость различных САПР. САПР PTC Creo.

### Тема 6. РАЗВИТИЕ И ТРАНСФЕР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Инновационная среда и стимулирование инноваций. Использование принципа Парето в инновационных технологиях. Отрасли высоких технологий.

Нанотехнологии в современном мире. Мировая технологическая пирамида. Сущность и формы трансфера технологии.

#### **Тема 7. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

Классификация и виды обработки и переработки материалов. Обоснование выбора метода обработки материалов. Возможности современных методов обработки. Перспективы развития высокоэффективных инновационных методов обработки материалов.

#### **Тема 8. СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И НАНОТЕХНОЛОГИИ**

Наукоемкие электрофизические и комбинированные методы производства электронных систем. Наноматериалы, наноструктуры и нанотехнологии: этапы развития, современное состояние и проблемы. Перспективы применения наноматериалов и наноструктур в электронной технике.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ

1. Зарецкий, А. Д. Промышленные технологии и инновации / А. Д. Зарецкий, Т. Е. Иванова. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 479 с.
2. Твёрдотельное моделирование сборочных единиц в САД-системах : учебное пособие для вузов / В. П. Большаков [и др.]. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 368 с.
3. Белоус, А. И. Материалы и устройства наноэлектроники : электроника после Мура / А. И. Белоус, В. А. Солодуха. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 564 с.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Головицына, М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий / М. В. Головицына. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 503 с.
5. Уорден, К. М. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применения / К. М. Уорден. – Москва : Техносфера, 2006. – 224 с.
6. Шейн, А. Б. Методика проектирования электронных устройств / А. Б. Шейн, Н. М. Лазарева. – Москва : Инфра-Инженерия, 2011. – 457 с.
7. Инновационные технологии и оборудование субмикронной электроники / А. П. Достанко [и др.] ; под общ. ред. акад. А. П. Достанко. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 260 с.
8. Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. – Санкт-Петербург : Лань, 2010. – 384 с.
9. Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов : учебное пособие / Ю. С. Волков. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 396 с.
10. Базовые лекции по электронике : сборник : в 2 т. Т. 2 : Твёрдотельная электроника / под общ. ред. В. М. Пролейко. – Москва : Техносфера, 2009. – 607 с.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

изучение учебного материала лекций, практических занятий и лабораторных работ с использованием электронных ресурсов,

подготовка отчетов к лабораторным и практическим занятиям с использованием компьютерной техники.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Инновационные технологии проектирования и производства электронных систем» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций обучающихся могут использоваться следующие формы:

контрольная работа,  
выборочный опрос на лекциях и практических занятиях,  
защита практических заданий и лабораторных работ.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

словесные методы (лекции, книги, беседы, дискуссии);  
наглядные методы (видеоматериалы, явления, наглядные пособия);  
практические методы (практические занятия, лабораторные работы).

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Разработка управляющих программ и исследование технологии лазерной резки на станке серии СМА1309-В-А.
2. Конструкторское и технологическое проектирование узлов на печатной плате с применением современных САПР.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет внутренних механических напряжений в тонкопленочных структурах ИМЭ по результатам рентгеноструктурных исследований пленок металлов на кремнии.
2. Расчет основных электрофизических характеристик полупроводниковых материалов и структур.
3. Группирование изделий по конструкторско-технологическим признакам и выбор технологического маршрута.
4. Подготовка исходных данных и САД/САМ-проектирование механических узлов электронных систем.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

1. Comsol Multiphysics
2. SolidWorkss Flow Simulation.
3. Интерактивная оболочка OrCAD/Allegro PCB Editor для создания и редактирования многослойных печатных плат.