

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: Директор департамента образования  
Дата подписания: 01.06.2021 15:26:42  
Уникальный программный ключ:  
1cb4f9edcd6d31e931c556ddefa3b376a443365a5419cb3e3965cc668ec8658b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный Электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор департамента образования  
*С.А. Галунин*  
« 31 » августа 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
ДИСЦИПЛИНЫ  
**«ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ  
СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ»**  
для подготовки магистров  
по направлению  
**20.04.01 «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**  
по программе  
**«Инженерная защита окружающей среды»**

Санкт-Петербург  
2020

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.б.н., доцент



И.В. Веженкова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ИЗОС  
31.08.2020, протокол № 1

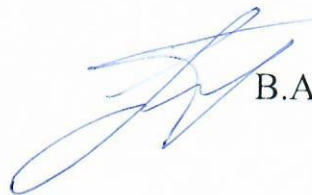
Заведующий кафедрой ИЗОС  
к.т.н., доцент



Т.В. Кустов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФИБС, 31.08.2020, протокол № 10

Председатель УМК ФИБС  
к.т.н., доцент



В.А. Буканин

**Согласовано:**

Начальник ОМОЛА



О.В. Загороднюк

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ИЗОС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	2
Семестр	3
<b>Виды занятий</b>	
Практические занятия (академ. часов)	68
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	2

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ»**

В рамках дисциплины рассматриваются экологические аспекты использования фотоэлектрических установок. Особое внимание уделено вопросам: классификации и основных характеристик различных типов солнечных панелей; технологии производства и установки солнечных панелей. Достаточно подробно рассматриваются основы законодательства различных стран в области солнечной энергетики, а также Экономика производства и утилизации солнечных панелей.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«RECYCLING AND DISPOSAL OF SOLAR PANEL COMPONENTS»**

The discipline examines the environmental aspects of the use of photovoltaic installations. Particular attention is paid to the following issues: classification and main characteristics of various types of solar panels; technologies for the production and installation of solar panels. The fundamentals of the legislation of various countries in the field of solar energy, as well as the economics of production and utilization of solar panels are considered in sufficient detail.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. В формате изучения предмета студент получает знания об экологические аспектах использования фотоэлектрических установок, классификации и основных характеристик различных типов солнечных панелей; технологии производства и установки солнечных панелей. Также рассматриваются основы законодательства различных стран в области солнечной энергетики, а также Экономика производства и утилизации солнечных панелей.

2. Формируют знания и умений необходимые для разработки методических и нормативных документов, технической документации на объекты техносферной безопасности.

3. В результате освоения дисциплины студент приобретает:

Знания:

- принципы действия фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии
- основы экономики замкнутого цикла;
- экологические аспекты использования фотоэлектрических установок;
- тенденции и технологии утилизации фотоэлектрических компонентов;
- основы законодательства различных стран в области солнечной энергетики.

Умения:

- определять возможные пути использования отдельных компонентов солнечных панелей;
- проводить анализ жизненного цикла кремниевых солнечных панелей.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математическое моделирование в приборных системах»

2. «Основы моделирования процессов в окружающей среде»

3. «Экоинформатика»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
<i>УК-1.4</i>	<i>Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения.</i>
ПК-4	Готов разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты техносферной безопасности, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области инженерной защиты окружающей среды
<i>ПК-4.2</i>	<i>Осуществляет системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области приборов и методов контроля качества и диагностики окружающей среды</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение.	2		
2	Тема 1. Основные компоненты фотоэлектрической установки.	8		8
3	Тема 2. Техническое обслуживание фотоэлектрических установок.	8		12
4	Тема 3. Основы циркулярной экономики.	10		10
5	Тема 4. Экологические аспекты использования фотоэлектрических установок.	10		14
6	Тема 5. Переработка фотоэлектрических компонентов.	10		14
7	Тема 6. Инструменты экологического менеджмента.	10		10
8	Тема 7. Патентные тенденции в методике использования солнечных панелей.	8		6
9	Заключение.	2	1	1
	Итого, ач	68	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе		144/4	

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение.	Предмет дисциплины, ее актуальность и задачи. Структура, содержание лабораторных и практических занятий, связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Тема 1. Основные компоненты фотоэлектрической установки.	Принцип действия фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии. Фотоэлектрические модули и их виды. Фотоэлектрические модули как одни из основных элементов фотоэлектрических установок. Структура солнечных панелей. Типы фотоэлектрических панелей. Несущие конструкции и подключение модулей.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Тема 2. Техническое обслуживание фотоэлектрических установок.	Основные определения. Типы технического обслуживания. Стандарт EN-13306. План обслуживания. Техническое обслуживание модулей. Особенности технического обслуживания струнной коробки и инверторов. Наиболее часто встречающиеся поломки и отказы, которые могут присутствовать в фотоэлектрической установке.
4	Тема 3. Основы циркулярной экономики.	Понятие линейной экономики. Определение понятия циркулярной экономики. Повторное использование и переработка. Установки по переработке. Основы экономики замкнутого цикла и ряд концепций.
5	Тема 4. Экологические аспекты использования фотоэлектрических установок.	Воздействие солнечной фотоэлектрической технологии на окружающую среду. Глобальный обзор. Классификация воздействия солнечных панелей на окружающую среду. Воздействие на ландшафт вокруг фотоэлектрической установки. Воздействия на окружающую среду связанные с производственным процессом солнечных элементов из кристаллического кремния. Жизненный цикл, переработка и воздействие на окружающую среду кремниевых солнечных панелей.
6	Тема 5. Переработка фотоэлектрических компонентов.	Утилизация фотоэлектрических компонентов сегодня. Тенденции и технологии. Этапы утилизации фотоэлектрических компонентов
7	Тема 6. Инструменты экологического менеджмента.	Внедрение инструментов устойчивого развития. Стандарт ISO 14001. Принципы экодизайна. Анализ жизненного цикла. Углеродный след. Водный след.
8	Тема 7. Патентные тенденции в методике использования солнечных панелей.	Патенты в области использования солнечных панелей. Изменения во времени методов переработки фотоэлектрических модулей.
9	Заключение.	Области применения материалов дисциплины в последующих дисциплинах и профессиональной деятельности.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Принцип действия фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии	4
2. Структура солнечной панели.	4
3. Типы фотоэлектрических панелей.	4
4. Несущие конструкции	4

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
5. Подключение фотоэлектрических модулей.	4
6. План обслуживания фотоэлектрических установок.	4
7. Воздействие солнечной фотоэлектрической технологии на окружающую среду.	4
8. Воздействие на окружающую среду кремниевых солнечных панелей.	4
9. Методы переработки солнечных панелей.	4
10. Отходы солнечных панелей.	4
11. Основы экономики замкнутого цикла.	4
12. Экодизайн	4
13. Анализ жизненного цикла.	4
14. Основные требования международного стандарта ISO 14001.	4
15. Этапы утилизации фотоэлектрических компонентов.	4
16. Инструменты устойчивого развития	4
17. Патенты в области использования солнечных панелей.	4
Итого	68

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотрены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регуляр-

ных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	15
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	10
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	10
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	5
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	10
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Крапухин, Всеволод Валерьевич. Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Технология специальных материалов электронной техники" / В.В. Крапухин, И.А. Соколов, Г.Д. Кузнецов, 1982. -352 с.	23
Дополнительная литература		
1	Экология и экономика природопользования [Текст] : учеб. для вузов по экон. спец. / Э.В. Гирусов, С.Н. Бобылев, А.Л. Новоселов, Н.В. Чепурных ; под ред. Э.В. Гирусова, 1998. -455 с.	1

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	<a href="http://www.integral.ru">http://www.integral.ru</a>
2	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a> .
3	<a href="http://www.eut-leti.ru/stud.html">http://www.eut-leti.ru/stud.html</a>
4	<a href="http://government.ru">government.ru</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=5969>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Вторичное использование и переработка компонентов солнечных панелей» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Условия допуска к экзамену:

1. Посещение не менее 75 % занятий
2. Получение не менее 1 положительной оценки по результатам текущего контроля успеваемости

Экзамен проводится по билетам в устной форме. Во время экзамена студенты с разрешения экзаменатора могут пользоваться справочной литературой и другими пособиями. При подготовке к ответу на устном экзамене обучающийся может вести записи в листе устного ответа, который по окончании экзамена сдается экзаменатору. В процессе сдачи экзамена экзаменатор может задавать экзаменуемому вопросы сверх указанных в билете по программе курса.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Принцип действия фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии.
2	Фотоэлектрические модули и их виды.
3	Фотоэлектрические модули как одни из основных элементов фотоэлектрических установок.
4	Структура солнечных панелей.
5	Типы фотоэлектрических панелей.
6	Несущие конструкции и подключение модулей.
7	Типы технического обслуживания. Стандарт EN-13306.
8	План обслуживания. Техническое обслуживание модулей. Особенности технического обслуживания струнной коробки и инверторов.
9	Наиболее часто встречающиеся поломки и отказы, которые могут присутствовать в фотоэлектрической установке.
10	Понятие линейной экономики. Определение понятия циркулярной экономики.
11	Основы экономики замкнутого цикла и ряд концепций.
12	Воздействие солнечной фотоэлектрической технологии на окружающую среду.
13	Классификация воздействия солнечных панелей на окружающую среду.
14	Воздействие на ландшафт вокруг фотоэлектрической установки.
15	Воздействия на окружающую среду связанные с производственным процессом солнечных элементов из кристаллического кремния.

16	Жизненный цикл, переработка и воздействие на окружающую среду кремниевых солнечных панелей.
17	Утилизация фотоэлектрических компонентов сегодня.
18	Тенденции и технологии, применяемые в утилизации солнечных панелей.
19	Этапы утилизации фотоэлектрических компонентов.
20	Внедрение инструментов устойчивого развития.
21	Стандарт ISO 14001.
22	Анализ жизненного цикла.
23	Углеродный след. Водный след.
24	Патенты в области использования солнечных панелей.

### **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Вторичное использование и переработка компонентов солнечных панелей** ФИБС

1. Фотоэлектрические модули и их виды.
2. Этапы утилизации фотоэлектрических компонентов.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИЗОС

Т.В. Кустов

### **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

Примерные темы для коллоквиума №1:

- 1) Типы технического обслуживания.
- 2) Основные положения стандарта EN-13306.



- 3) Необходимые операции по техническому обслуживанию модулей.
- 4) Особенности технического обслуживания струнной коробки и инверторов.
- 5) Наиболее часто встречающиеся поломки и отказы, которые могут присутствовать в фотоэлектрической установке.
- 6) Факторы, которые необходимо учитывать при техническом обслуживании фотоэлектрических установок.

Примерные темы для коллоквиума №2:

- 1) Современные тенденции и технологии в утилизации солнечных панелей.
- 2) Химическое травление солнечных панелей с целью покомпонентного разделения. Виды растворителей.
- 3) Особенности и виды физического разделения при утилизации солнечных панелей.
- 4) Применение ультразвука для покомпонентного разделения солнечных панелей.
- 5) Этапы утилизации фотоэлектрических компонентов.
- 6) Экологические аспекты утилизации фотоэлектрических установок.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
5	Тема 2. Техническое обслуживание фотоэлектрических установок.	
6		Коллоквиум
11	Тема 5. Переработка фотоэлектрических компонентов.	
12		
13		Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

1. Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 75 % занятий);
- выполнение практических работ (оценка за каждую выставляется по системе «зачет / не зачет»);
- участие в обсуждении по темам коллоквиумов, высказывание своего мнения, демонстрация эрудиции, оценка за которые по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям в целом за семестр:

«отлично» - активное участие в обсуждениях, умение высказать и аргументировано отстоять свою точку зрения, умение дать ответы на дополнительные вопросы (студент участвовал в дискуссии на более чем 80 % занятий);

«хорошо» - активное участие в большинстве случаев (более 50 % занятий) или в ответах содержатся неточности, не во всех случаях студент может обосновать ответ;

«удовлетворительно» - активность студента низкая (студент высказывается по теме занятия не более чем на 50 % занятий), не может обосновать высказанные позиции;

«неудовлетворительно» - активность студента очень низкая, участвует в дискуссиях на менее чем 20 % занятий.

Оформление отчета студентами осуществляется в соответствии с приня-

тыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ.

### 3. Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Практические занятия	Аудитория	Оснащено специализированным оборудованием с возможностью подключения к сети Интернет и информационно-образовательной среде вуза, количество посадочных мест -в соответствии с контингентом, проектор, экран, компьютер	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено специализированным оборудованием с возможностью подключения к сети Интернет и информационно-образовательной среде вуза, компьютер или ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>