

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

О.Ю. Долматов

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРИЕМ 2019 г.  
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

| СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ |                                                                          |         |   |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/специальность                           | 14.05.04 Электроника и автоматика физических установок                   |         |   |
| Образовательная программа (направленность (профиль))           | Электроника и автоматика физических установок                            |         |   |
| Специализация                                                  | Системы управления технологическими процессами и физическими установками |         |   |
| Уровень образования                                            | высшее образование - специалитет                                         |         |   |
| Курс                                                           | 5                                                                        | семестр | 9 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)                    | 3                                                                        |         |   |
| Виды учебной деятельности                                      | Временной ресурс                                                         |         |   |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                              | Лекции                                                                   | 16      |   |
|                                                                | Практические занятия                                                     | -       |   |
|                                                                | Лабораторные занятия                                                     | 16      |   |
|                                                                | ВСЕГО                                                                    | 32      |   |
| Самостоятельная работа, ч                                      |                                                                          | 76      |   |
| ИТОГО, ч                                                       |                                                                          | 108     |   |

|                              |       |                              |      |
|------------------------------|-------|------------------------------|------|
| Вид промежуточной аттестации | зачет | Обеспечивающее подразделение | ОЯТЦ |
|------------------------------|-------|------------------------------|------|

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения на  
правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                       |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|   | А.Г. Горюнов |
|   | А.Г. Горюнов |
|  | В.М. Павлов  |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                   | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                            | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                   |
| ДПСК(У)-1       | Способен применять знания о протекающих процессах в ядерных энергетических установках, знания о технологических процессах и аппаратах производств ядерного топливного цикла для понимания целей и задач АСУ ТП                             | ДПСК(У)-1.В1                                                | Владеет навыками проектирования программного обеспечения автоматизированных систем управления быстропротекающими физическими процессами                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                            | ДПСК(У)-1.У1                                                | Умеет проводить полноценный анализ технологических процессов, протекающих в блоках и подсистемах установки                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                            | ДПСК(У)-1.31                                                | Знает установки удержания высокотемпературной плазмы, математическое описание плазмы - физических процессов, принципы построения систем автоматизации экспериментов на термоядерных установках |
| ДПСК(У)-2       | Способен применять знания теории и практики АСУ ТП, включающие математическое, информационное, алгоритмическое и техническое обеспечения для обслуживания и проектирования этих систем в соответствии с заданными требованиями и условиями | ДПСК(У)-2.В7                                                | Владеет методами математического моделирования электрофизических установок и их систем управления                                                                                              |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                            | ДПСК(У)-2.У7                                                | Умеет разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем управления электрофизическими установками                                                                             |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                            | ДПСК(У)-2.37                                                | Знает основы функционирования и математическое описание электрофизических установок как объектов управления                                                                                    |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                             |  | Компетенция |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                |  |             |
| РД-1                                          | Владеть методами, способами и средствами построения систем автоматизации экспериментов на термоядерных установках.                                          |  | ДПСК(У)-1   |
| РД-2                                          | Владеть математическим аппаратом описания технологических и плазма - физических процессов.                                                                  |  | ДПСК(У)-1   |
| РД-3                                          | Знать технические, информационные и программные особенности построения систем автоматизации экспериментов для установок управляемого термоядерного синтеза. |  | ДПСК(У)-2   |
| РД-4                                          | Проектировать архитектуру системы при условии интенсивных потоков измерительной и управляющей информации.                                                   |  | ДПСК(У)-2   |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                                                                        | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел (модуль) 1. Введение и общие положения                                                             | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел (модуль) 2. Система управления процессом подготовки установки к эксперименту                       | РД-3                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел (модуль) 3. Системы управления параметрами плазмы установок для управляемого термоядерного синтеза | РД-2                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 14                |
| Раздел (модуль) 4. Система цифрового управления источниками питания                                       | РД-3                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Лабораторные занятия      | 8                 |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел (модуль) 5. Система синхронизации и система противоаварийной защиты                                | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Лабораторные занятия      | 8                 |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел (модуль) 6. Информационно-измерительная система.                                                   | РД-4                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              |                           |                   |
|                                                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 14                |

Содержание разделов дисциплины:

##### Раздел 1. Введение и общие положения – 2 час.

Особенности установок управляемого термоядерного синтеза с точки зрения автоматизации. Состав установок и технологических подсистем. Режимы работы установок. Требования к системе автоматизации и перечень решаемых задач. Требования к видам обеспечения системы автоматизации

Темы лекций:

1. Особенности автоматизации установок термоядерного синтеза.

##### Раздел 2. Система управления процессом подготовки установки к эксперименту. – 2 час.

Автоматизация процессов высоковакуумной откачки рабочей камеры, процессов прогрева, очистки и нанесения защитных покрытий на внутренней поверхности камеры, процессов охлаждения элементов камеры и обмоток электромагнитной системы. Функции системы управления, входные и выходные сигналы, требования к технической структуре и программному обеспечению.

Темы лекций:

1. Система вакуумно-технологической подготовки установки к эксперименту.

### **Раздел 3. Системы управления параметрами плазмы установок для управляемого термоядерного синтеза – 4 час.**

Анализ контуров управления формой, положением, плотностью, энергосодержанием и током плазменного тора, технические решения по реализации описанных контуров. Состав датчиков, алгоритмы предварительной обработки сигналов, определение параметров плазмы по сигналам датчиков. Электромагнитная система установки, оборудование дополнительного нагрева плазмы.

#### **Темы лекций:**

1. Анализ контуров управления физическими параметрами плазмы.
2. Математическое и алгоритмическое обеспечение системы управления плазмой.

### **Раздел 4. Система цифрового управления источниками питания – 2 час.**

Алгоритм работы системы электропитания (СЭП) токамака. Расчет параметров нагрузки для источников питания обмоток ЭМС токамака. Математическая модель электромагнитной системы обмоток. Структурные решения по системам цифрового управления СЭП. Система управления источниками питания обмоток управления формой, обмоток быстрого управления, высоковольтных источников системы дополнительного нагрева.

#### **Темы лекций:**

1. Система цифрового управления источниками питания обмоток электромагнитной системы установки

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Система управления токами в обмотках электромагнитной системы токамака. - 8 час.

### **Раздел 5. Система синхронизации и система противоаварийной защиты. – 2 час.**

Противоаварийная защита и сигнализация. Технологические параметры, плазмо-физические параметры, алгоритм работы системы в пусковом и предпусковом режиме работы установки, структурно – функциональная схема системы. Система синхронизации, принципы синхронизации пусковых операций в токамаке, временная и событийная синхронизация, синхронные и асинхронные события, кодирование событий, структурно – функциональная схема системы.

#### **Темы лекций:**

1. Система синхронизации и система противоаварийной защиты.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Система синхронизации исследовательской установки - 8 час.

### **Раздел 6. Информационно-измерительная система. – 4 час.**

Диагностический комплекс токамака, перечень измеряемых параметров, функции и режимы работы ИИС, информационные потоки, структуры входных и выходных массивов данных и сообщений системы, структура базы данных результатов экспериментов, техническая структура подсистем сбора и регистрации данных и ИИС в целом.

#### **Темы лекций:**

1. Физические диагностики термоядерной установки
2. Системы регистрации и сбора данных с физических диагностик

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература:**

1. ТОКАМАК: начальная стадия разряда : учебное пособие / В. А. Беляков, А. А. Кавин, С. А. Лепихов, А. Б. Минеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 176 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50158> (дата обращения: 18.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей

2. Сковорода, А. А. Магнитные ловушки для удержания плазмы : монография / А. А. Сковорода. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 216 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2323> (дата обращения: 18.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Стрелков, В.С. Основы техники термоядерного эксперимента : учебное пособие / В.С. Стрелков, С.Е. Лысенко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2015. — 188 с. — ISBN 978-5-7262-2058-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119495> (дата обращения: 14.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература:**

1. Система управления плазмой: учебное пособие / В. М. Павлов, А. В. Обходский, Ю. Н. Голобоков, А. В. Овчинников. — Томск : Изд-во ТПУ, 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m227.pdf> (дата обращения: 18.03.2019) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный

2. Павлов Вадим Михайлович. Система синхронизации и противоаварийной защиты : учебное пособие / В. М. Павлов, К. И. Байструков, С. В. Меркулов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m225.pdf> (дата обращения: 18.03.2019) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

3. Павлов В. М. Информационно-измерительная система : учебное пособие / В. М. Павлов, А. В. Шарнин, Г. А. Майструк; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 180 с. - URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m229.pdf> (дата обращения: 18.03.2019) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

4. Система управления процессом подготовки к эксперименту : учебное пособие / В. М. Павлов, А. А. Мезенцев, Е. Ю. Бевзюк [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 11.6 МВ). — Томск : Изд-во ТПУ, 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m226.pdf> (дата обращения: 18.03.2019) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

5. Система цифрового управления источниками питания токамака КТМ : учебное пособие / В. М. Павлов, А. Г. Столяров, В. А. Кудрявцев, А. Г. Качкин; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск : Изд-во ТПУ, 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m228.pdf> (дата обращения: 18.03.2019) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в средеLMSMOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>

**Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы** доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Adobe Acrobat Reader DC;
2. Far Manager;
3. Google Chrome;
4. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
5. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b,
6. WinDjView;
7. Zoom Zoom
8. Far Manager;
9. Notepad++.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий.:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                              | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс).<br>634028 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 129 | Система многоканальной диагностики плазменных процессов - 1 шт.;<br>Лабораторный стенд системы синхронизации исследовательской установки - 1 шт.;<br>Лаб. стенд источника питания обмотки полоидального поля - 1 шт.<br>Доска аудиторная настенная - 2 шт.;<br>Шкаф для документов - 1 шт.;<br>Тумба стационарная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 26 посадочных мест;<br>Компьютер - 14 шт.; Принтер - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 313                      | Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест;<br>Тумба подкатная - 1 шт.;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок», специализация «Системы управления технологическими процессами и физическими установками» (приема 2019г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность |  | ФИО         |
|-----------|--|-------------|
| Доцент    |  | Павлов В.М. |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

Заведующий кафедрой - руководитель  
отделения на правах кафедры, д.т.н.



подпись

А.Г. Горюнов

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год              | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                                | Обсуждено на заседании<br>Отделения ядерно-<br>топливного цикла (протокол) |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 2020/2021<br>учебный год | Изменены формы документов ООП согласно приказу:<br>– «Об утверждении форм документов ООП» (приказ № 127-7/об от 06.05.2020 г.)                                                                                                       | от 25.06.2020 г.<br>№ 28-д                                                 |
| 2020/2021<br>учебный год | 1. Обновлено программное обеспечение.<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины.<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС. | от 01.09.2020 г.<br>№ 29-д                                                 |