

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«25» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**ТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ АЭС**

|                                                         |                                                                                    |            |          |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
| Направление подготовки/<br>специальность                | <b>14.04.02 Ядерные физика и технологии</b>                                        |            |          |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | <b>Nuclear Science and Technology /<br/>Ядерные физика и технологии</b>            |            |          |
| Специализация                                           | <b>Nuclear Power Engineering /<br/>Ядерные реакторы и энергетические установки</b> |            |          |
| Уровень образования                                     | высшее образование - магистратура                                                  |            |          |
| Курс                                                    | <b>1</b>                                                                           | семестр    | <b>2</b> |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | <b>3</b>                                                                           |            |          |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                                                   |            |          |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                                                             | 32         |          |
|                                                         | Практические занятия                                                               | 16         |          |
|                                                         | Лабораторные занятия                                                               | -          |          |
|                                                         | ВСЕГО                                                                              | <b>48</b>  |          |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                                                    | 60         |          |
| ИТОГО, ч                                                |                                                                                    | <b>108</b> |          |

|                                                      |                                                                                     |                                 |                  |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Вид промежуточной<br>аттестации                      | <b>Зачёт</b>                                                                        | Обеспечивающее<br>подразделение | ОЯТЦ ИЯТШ        |
| Зав. кафедрой-руководитель<br>ОЯТЦ на правах кафедры |  |                                 | А.Г. Горюнов     |
| Руководитель ООП                                     |                                                                                     |                                 | В.В. Верхотурова |
| Преподаватель                                        |                                                                                     |                                 | И.А. Ушаков      |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                   | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                               | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                            | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                            | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                   |
| УК(У)-1         | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий                                 | И.УК(У)-1.1                       | Анализирует проблемную ситуацию и (или) задачу, выделяя её базовые составляющие                                                                                               | УК(У)-1.1В1                                                 | Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций                                                                                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-1.1В2                                                 | Владеет методиками постановки цели, определения способов её достижения, разработки стратегий действий                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-1.1У1                                                 | Умеет применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций                                                                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-1.1У2                                                 | Умеет разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации                                                                                                                                         |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-1.1З1                                                 | Знает методы системного и критического анализа                                                                                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-1.1З2                                                 | Знает методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации                                                                                                                                       |
| УК(У)-4         | Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия | И.УК(У)-4.2                       | Составляет академические и (или) профессиональные тексты на иностранном языке (английском)                                                                                    | УК(У)-4.2В1                                                 | Владеет навыками монологического высказывания на иностранном языке (английском) по профилю своей специальности, аргументировано излагая свою позицию и используя вспомогательные средства (таблицы, графики, диаграммы и т.п.) |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-4.2У1                                                 | Умеет составлять и представлять техническую и научную информацию, используемую в профессиональной деятельности, в виде презентации                                                                                             |
|                 |                                                                                                                                                            | И.УК(У)-4.3                       | Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке (английском), выбирая подходящий формат | УК(У)-4.3В1                                                 | Владеет полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-4.3У1                                                 | Умеет воспринимать на слух аутентичные аудио- и видео материалы, связанные с направлением подготовки                                                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               | УК(У)-4.3З1                                                 | Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на                                                                                                                                                              |
|                 |                                                                                                                                                            |                                   |                                                                                                                                                                               |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                  | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                               | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                          |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                            | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                             |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               |                                                             | иностранном языке (английском), принятых в международной среде                                                                                           |
| ОПК(У)-2        | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы                                                                                                                                                                                | И.ОПК(У)-2.1                      | Выполняет, производит оценку и представляет результаты выполненной работы, руководствуясь современными методами исследования                                                  | ОПК(У)-2.1В1                                                | Владеет навыками применения современных методов исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ОПК(У)-2.1У1                                                | Умеет применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы                                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ОПК(У)-2.131                                                | Знает современные методы проведения исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы                                              |
| ПК(У)-9         | Способен самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники, методов расчета и проведения исследования                                                                           | И.ПК(У)-9.2                       | Использует современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ при проектировании перспективных ядерных установок, технологий и оборудования | ПК(У)-9.2В3                                                 | Владеет навыками использования специализированного программного обеспечения для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок АЭС |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ПК(У)-9.2У4                                                 | Умеет использовать специализированное программное обеспечение для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок АЭС               |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ПК(У)-9.233                                                 | Знает основы использования специализированного программного обеспечения для определения параметров рабочего тела при расчете турбинных установок АЭС     |
| ПК(У)-10        | Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии, стандартные средства автоматизации проектирования и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, материалов и приборов, использовать знания методов анализа эколого- | И.ПК(У)-10.1                      | Осуществляет сбор и анализ исходных данных для проектирования новых технологий применения ядерных материалов и изделий на их основе                                           | ПК(У)-10.В5                                                 | Владеет навыками сбора и анализа исходных данных для расчета узлов турбинных установок АЭС                                                               |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ПК(У)-10.У4                                                 | Умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета узлов турбинных установок АЭС                                                                 |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                                                                                                                                                               | ПК(У)-10.35                                                 | Знает методы сбора и анализа исходных данных для расчета узлов турбинных установок АЭС                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | И.ПК(У)-10.5                      | Проводит критический анализ работы существующих ядерных установок и использует его при проектировании деталей и узлов приборов и установок                                    | ПК(У)-10.5В1                                                | Владеет опытом проведения критического анализа работы существующих турбинных установок АЭС и использования его при проектировании узлов турбинных        |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                             | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                  | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                      | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                               | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                    |
|                 | экономической эффективности при проектировании и реализации проектов |                                   |                                                                                                                                                                  |                                                             | установок АЭС                                                                                                                                                   |
|                 |                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                  | ПК(У)-10.5У2                                                | Умеет проводить критический анализ работы существующих турбинных установок АЭС и использовать его при проектировании узлов турбинных установок АЭС              |
|                 |                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                  | ПК(У)-10.5З2                                                | Знает методику проведения критического анализа работы существующих турбинных установок АЭС и использования его при проектировании узлов турбинных установок АЭС |
|                 |                                                                      | И.ПК(У)-10.6                      | Производит расчет и проектирует новые установки, приборы и изделия на основе проведенного анализа с применением стандартных средств автоматизации проектирования | ПК(У)-10.6В4                                                | Владеет опытом проведения расчетов и проектирования узлов турбинных установок АЭС                                                                               |
|                 |                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                  | ПК(У)-10.6У4                                                | Умеет производить расчет и проектирование узлов турбинных установок АЭС                                                                                         |
|                 |                                                                      |                                   |                                                                                                                                                                  | ПК(У)-10.6З4                                                | Знает методику проведения расчетов и проектирования узлов турбинных установок АЭС                                                                               |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного модуля 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 |                                                                                                                                                      | Индикатор<br>достижения<br>компетенции                                    |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                         |                                                                           |
| РД 1                                          | Анализировать и использовать научно-техническую информацию о характеристиках и параметрах работы турбинной установки АЭС                             | И.УК(У)-1.1<br>И.УК(У)-4.2<br>И.УК(У)-4.3<br>И.ПК(У)-10.1<br>И.ПК(У)-10.5 |
| РД 2                                          | Составлять теплотехнические схемы и математические модели турбинной установки АЭС, выполнять их инженерные расчеты с применением современных средств | И.ОПК(У)-2.1<br>И.ПК(У)-9.2                                               |
| РД 3                                          | Знать принцип работы турбины и зависимости энергетических характеристик и геометрических размеров турбины                                            | И.ПК(У)-10.6                                                              |

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. |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1. Паротурбинные установки АЭС</b>                | РД 1<br>РД 2<br>РД 3                         | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | <b>6</b>          |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | <b>12</b>         |
| <b>Раздел 2. Течение рабочего тела в турбинных решетках</b> | РД 1<br>РД 2<br>РД 3                         | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | <b>18</b>         |
| <b>Раздел 3. Преобразование энергии в турбинной ступени</b> | РД 1<br>РД 2<br>РД 3                         | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | <b>12</b>         |
| <b>Раздел 4. Многоступенчатые турбины</b>                   | РД 1<br>РД 2<br>РД 3                         | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | <b>2</b>          |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | <b>18</b>         |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Паротурбинные установки АЭС**

*В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Термодинамические циклы паротурбинных установок (ПТУ). Абсолютные КПД турбоустановки и относительные КПД турбины. Методы повышения КПД цикла. Влияние начальных параметров на КПД идеального цикла и турбоустановки. Влияние конечного давления на КПД ПТУ. Промежуточный перегрев пара. Особенности термодинамических циклов паротурбинных установок АЭС. Сепарация и промежуточный перегрев пара на АЭС. Процесс расширения пара в турбинах АЭС. Регенеративный подогрев питательной воды. Расчет КПД турбоустановок. Комбинированная выработка электрической энергии и теплоты. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.*

##### **Темы лекционных занятий:**

1. Термодинамические циклы паротурбинных установок.
2. Методы повышения КПД цикла.
3. Сепарация и промежуточный перегрев пара на АЭС.
4. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.

##### **Темы практических занятий:**

1. Расчет КПД цикла Ренкина.
2. Определение показателей тепловой экономичности турбинных установок АЭС с сепарацией и промежуточным перегревом пара.

##### **Раздел 2. Течение рабочего тела в турбинных решетках**

*В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Основные уравнения движения сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности, количества движения, сохранения энергии. Понятие плоскопараллельного и пространственного течения. Характеристики потока при расширении газа в каналах. Параметры полного*

*торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале. Критические параметры и критическая скорость. Критический расход. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления. Расширение газа в каналах с потерями располагаемой энергии. Характеристики реальных потоков в решетках турбинных профилей.*

**Темы лекционных занятий:**

5. Основные уравнения движения сжимаемой жидкости.
6. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока.
7. Определение выходной скорости при расширении газа в неподвижном канале.
8. Критические параметры. Изменение проходного сечения канала в зависимости от относительного давления.

**Темы практических занятий:**

3. Расчет скорости истечения из сопел.
4. Определение характеристик потока при расширении газа в каналах турбинных ступеней.

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Преобразование энергии в турбинной ступени</b> |
|-------------------------------------------------------------|

*В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток. Степень реактивности ступени. Активные и реактивные ступени. Абсолютные и относительные скорости потока в ступени и их определение. Треугольники скоростей. Преобразование энергии на рабочих лопатках. Окружное и осевое усилие потока на лопатках. Мощность ступени. Удельная работа. Потери располагаемой энергии в соплах, на рабочих лопатках и с выходной скоростью. Определение выходной относительной скорости потока из вращающегося канала рабочих решеток. Относительный КПД на лопатках ступени и факторы, его определяющие. Отношение скоростей как критерий экономичности ступени. Оптимальное отношение скоростей. Оптимальный располагаемый теплоперепад ступени. Изображение процесса расширения газа в  $h_s$ -диаграмме для ступени. Относительный внутренний КПД турбинной ступени.*

**Темы лекционных занятий:**

9. Располагаемые теплоперепады ступени, сопловой и рабочей решеток.
10. Преобразование энергии на рабочих лопатках.
11. Относительный КПД на лопатках ступени и факторы, его определяющие.
12. Изображение процесса расширения газа в  $h_s$ -диаграмме для ступени.

**Темы практических занятий:**

5. Определение геометрических и энергетических характеристик турбинной ступени.

|                                           |
|-------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Многоступенчатые турбины</b> |
|-------------------------------------------|

*В результате освоения раздела студент получит следующие знания: Схема устройства активной и реактивной турбины. Тепловой процесс в многоступенчатой паровой турбине. Основные преимущества многоступенчатых турбин. Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений. Предельная мощность однопоточной турбины и способы получения мощности турбины выше предельной. Осевые усилия, действующие на ротор турбины. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.*

**Темы лекционных занятий:**

13. Основные преимущества многоступенчатых турбин.
14. Концевые уплотнения турбин.
15. Осевые усилия, действующие на ротор турбины.
16. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.

**Темы практических занятий:**

6. Определение расхода пара на турбину.
7. Изучение подробной конструкции многоступенчатой турбины.

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

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

- Работа с лекционным материалом;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

**Основная литература:**

1. Breeze, P. Combined Heat and Power [Электронный ресурс] / P. Breeze. — Электрон. дан. — Elsevier Ltd.: Academic press, 2018. — 95 p. — Режим доступа: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:2056/book/9780128129081/combined-heat-and-power>. — Загл. с экрана (дата обращения: 20.09.2021). - Режим доступа : для авториз. пользователей.
2. Костюк, А. Г. Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / Костюк А. Г. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01157-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html> (дата обращения: 20.09.2021). - Режим доступа : для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Крайнов А В. Тепловые процессы в энергосистемах = Heat Processes in Energy Systems : учебное пособие / А. В. Крайнов, Г. В. Швалова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – URL : <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m167.pdf> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) <http://www.rosatom.ru/>
4. Концерн Росэнергоатом, ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. The official website of the engineering division of Rosatom State Corporation: <https://www.ase-ec.ru/en/products-and-services/design-of-npp/>

6. Институт атомной энергии <http://www.iae.kz/index.php/ru/the-community>
7. Nuclear.Ru (информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) <http://www.nuclear.ru/>
8. Siemens <https://new.siemens.com/global/en/products/energy.html>

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

Программное обеспечение не используется

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

В учебном процессе используется следующее оборудование для практических и лекционных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                 | Наименование оборудования                                                             |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 303 | Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Nuclear Science and Technology», специализация «Nuclear Power Engineering» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчики:

| Должность                    | ФИО             |
|------------------------------|-----------------|
| Доцент НОЦ им. И.Н. Бутакова | Воробьев А.В.   |
| Доцент НОЦ им. И.Н. Бутакова | Лавриненко С.В. |

Программа одобрена на заседании Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» июня 2020 г. № 28-д).

Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ  
на правах кафедры, д.т.н, профессор

 /Горюнов А.Г./  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании<br>ОЯТЦ (протокол) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|
| 2021/2022<br>учебный<br>год |                       | От __.__.20__ г.<br>№ ____                |