

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК)**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
[2] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В<br>СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---|-----------|--|
| 8       | 3                      | 108                        | 0            | 36                        | 0                        | 36  | 0         | Э КП                                     |
| Итого   | 3                      | 108                        | 0            | 36                        | 0                        | 32  | 36        |  |

## АННОТАЦИЯ

Целями курсового проекта являются:

- ознакомление студентов с методами расчета теплогидравлических и нейтронно-физических параметров активных зон современных и перспективных ядерных энергетических установок;
- обучение умениям применять полученные знания в производственной проектной деятельности;
- приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой и написания научно-технической документации;
- подготовка научно-обоснованного проекта парогенератора.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями курсового проекта являются:

- ознакомление студентов с методами расчета теплогидравлических и нейтронно-физических параметров активных зон современных и перспективных ядерных энергетических установок;
- обучение умениям применять полученные знания в производственной проектной деятельности;
- приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой и написания научно-технической документации;
- подготовка научно-обоснованного проекта парогенератора.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач расчета ядерных энергетических установок на основе строгих научных методов. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач, характерных для расчета ядерных энергетических установок.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|--|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|--|---------------------------|---|---|
|--|---------------------------|---|---|

|   |   | опыта)   |   |
|---|---|--|---|
|   | научно-исследовательский  |  |   |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок; | ПК-2 [2] - Способен к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.028 | З-ПК-2[2] - Знать методы проведения физического и численного эксперимента, и подготовки соответствующих экспериментальных стендов.;<br>У-ПК-2[2] - Уметь проводить физический и численный эксперимент, подготовить соответствующие экспериментальные стенды;<br>В-ПК-2[2] - Владеть методами проведения физического и численного эксперимента и подготовки соответствующих экспериментальных стендов. |
| Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации на живую и неживую материю.  | Ядерные объекты, источники излучения  | ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов  | З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов   |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  |   | <p>автоматизированного проектирования и исследований</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011</p>   | <p>автоматизированного проектирования и исследований; ;<br/>У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов<br/>автоматизированного проектирования и исследований;;<br/>В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов<br/>автоматизированного проектирования и исследований;</p> |
| <p>Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований,</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p> | <p>ПК-7.1 [1] - Способен к подготовке и анализу информационных исходных данных для проведения математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.078</p> | <p>З-ПК-7.1[1] - знать методы математического анализа для моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ;<br/>У-ПК-7.1[1] - уметь проводить математическое моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ;<br/>В-ПК-7.1[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований</p>  |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p>неравновесных физических процессов</p>   |   |   |   |
| <p>Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p> | <p>ПК-7.2 [1] - Способен к проведению физических экспериментов на основе апробированной методики с целью определения теплофизических и нейтронно-физических параметров ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.078</p>                       | <p>З-ПК-7.2[1] - знать методы проведения исследований теплофизических и нейтронно-физических процессов;<br/>У-ПК-7.2[1] - уметь проводить экспериментальные исследования по заданной методике;<br/>В-ПК-7.2[1] - владеть методами анализа погрешности физических экспериментов</p>    |
| <p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>  | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками,</p>  | <p>ПК-10.1 [2] - Способен проводить физические эксперименты на основе апробированных методик и выполнять моделирование процессов переноса излучения и тепла в активной зоне реакторной установки</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.028</p> | <p>З-ПК-10.1[2] - Знать методы проведения физических экспериментов и математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов и переноса ионизирующего излучения в ЯЭУ;<br/>У-ПК-10.1[2] - Уметь проводить физические эксперименты на основе апробированных</p> |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | <p>программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p> |  | <p>методик и математическое моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов и ионизирующего излучения в ЯЭУ; В-ПК-10.1[2] - Владеть методиками для определения параметров активной зоны реакторной установки и прикладными пакетами для математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов и ионизирующего излучения в ЯЭУ</p>  |
|  | <p>проектный</p>   |  |  |
| <p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и</p>   | <p>ПК-5 [2] - Способен разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.078</p> | <p>3-ПК-5[2] - Знать методы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий.; У-ПК-5[2] - Уметь разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии; В-ПК-5[2] - Владеть методами проведения разработок проектов</p> |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | <p>взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>   |  | <p>узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий</p>   |
| <p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных</p> | <p>ПК-6 [2] - Способен к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.078</p> | <p>З-ПК-6[2] - Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечен;<br/>У-ПК-6[2] - Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы ;<br/>В-ПК-6[2] - Владеть навыками проектирования основного</p> |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | <p>материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>   |  | <p>оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.</p>  |
| <p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и</p> | <p>ПК-7 [2] - Способен к определению теплотехнические характеристики и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.028</p> | <p>3-ПК-7[2] - Знать теплотехнические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования; У-ПК-7[2] - Уметь определять теплотехнические характеристики и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования; В-ПК-7[2] - Владеть методами определения теплотехнических характеристик и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования</p> |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | радиационный контроль атомных объектов и установок;   |  |   |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок; | ПК-8 [2] - Способен разрабатывать производственно-техническую документацию<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078 | З-ПК-8[2] - Знать производственно-техническую документацию; У-ПК-8[2] - Уметь разрабатывать производственно-техническую документацию; В-ПК-8[2] - Владеть навыками работы с производственно-технической документацией |
| производственно-технологический   |   |  |   |
| Работа в ядерно-физической лаборатории в качестве сотрудника, инженера-технолога.   | Ядерно-физическая лаборатория   | ПК-8 [1] - Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за   | З-ПК-8[1] - Знать методы оценки ядерной и радиационной безопасности,  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  | <p>соблюдением экологической безопасности</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.028</p> | <p>контроля за соблюдением экологической безопасности ;</p> <p>У-ПК-8[1] - Уметь оценивать ядерную и радиационную безопасность, проводить контроль за соблюдением экологической безопасности;</p> <p>В-ПК-8[1] - Владеть навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности</p> |
|--|--|--|---|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин   |
|-----------------------------|--|--|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p> |

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| <p>Профессиональное воспитание</p> | <p>Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (B24)</p> | <p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством</p> |
|------------------------------------|---|--|

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
|                                    |   | <p>изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>  |
| <p>Профессиональное воспитание</p> | <p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственной экологической позиции (B26)</p> | <p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов. 4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p> |
|--|--|---|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины   | Недели | Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции   |
|-------|---|--------|--|---|-------------------------------|-------------------------------------|---|
|       | <i>8 Семестр</i>  |        |  |   |                               |                                     |   |
| 1     | Выбор тепловой схемы АЭС. Выбор турбины. Определение термического К.П.Д. и К.П.Д. “брутто” АЭС. | 1-8    | 0/18/0   |   | 25                            | СК-8                                | З-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2,<br>З-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2,<br>З-ПК-5,<br>У- |

|   |          |      |        |  |    |       |   |
|---|----------|------|--------|--|----|-------|---|
|   |          |      |        |  |    |       | ПК-5,<br>В-<br>ПК-5,<br>3-ПК-<br>6,<br>У-<br>ПК-6,<br>В-<br>ПК-6,<br>3-ПК-<br>7,<br>У-<br>ПК-7,<br>В-<br>ПК-7,<br>3-ПК-<br>7.1,<br>У-<br>ПК-<br>7.1,<br>В-<br>ПК-<br>7.1,<br>3-ПК-<br>7.2,<br>У-<br>ПК-<br>7.2,<br>В-<br>ПК-<br>7.2,<br>3-ПК-<br>8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>10.1,<br>У-<br>ПК-<br>10.1,<br>В-<br>ПК-<br>10.1 |
| 2 | Эскизное | 9-15 | 0/18/0 |  | 25 | КИ-15 | 3-ПК-   |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | <p>проектирование и прочностной расчет парогенератора.</p> |  |  |  |  |  | <p>2,<br/>У-<br/>ПК-2,<br/>В-<br/>ПК-2,<br/>3-ПК-<br/>2,<br/>У-<br/>ПК-2,<br/>В-<br/>ПК-2,<br/>3-ПК-<br/>5,<br/>У-<br/>ПК-5,<br/>В-<br/>ПК-5,<br/>3-ПК-<br/>6,<br/>У-<br/>ПК-6,<br/>В-<br/>ПК-6,<br/>3-ПК-<br/>7,<br/>У-<br/>ПК-7,<br/>В-<br/>ПК-7,<br/>3-ПК-<br/>7.1,<br/>У-<br/>ПК-<br/>7.1,<br/>В-<br/>ПК-<br/>7.1,<br/>3-ПК-<br/>7.2,<br/>У-<br/>ПК-<br/>7.2,<br/>В-<br/>ПК-<br/>7.2,<br/>3-ПК-<br/>8,<br/>У-<br/>ПК-8,<br/>В-<br/>ПК-8,<br/>3-ПК-</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

|  |   |  |        |  |    |       |   |
|--|---|--|--------|--|----|-------|---|
|  |   |  |        |  |    |       | 8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>10.1,<br>У-<br>ПК-<br>10.1,<br>В-<br>ПК-<br>10.1   |
|  | <i>Итого за 8 Семестр</i>                   |  | 0/36/0 |  | 50 |       |   |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b> |  |        |  | 50 | Э, КП | В-<br>ПК-5,<br>3-ПК-<br>6,<br>У-<br>ПК-6,<br>В-<br>ПК-6,<br>3-ПК-<br>7,<br>У-<br>ПК-7,<br>В-<br>ПК-7,<br>3-ПК-<br>7.1,<br>У-<br>ПК-<br>7.1,<br>В-<br>ПК-<br>7.1,<br>3-ПК-<br>7.2,<br>У-<br>ПК-<br>7.2,<br>В-<br>ПК-<br>7.2,<br>3-ПК-<br>8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>8, |

|  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  | У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>10.1,<br>У-<br>ПК-<br>10.1,<br>В-<br>ПК-<br>10.1,<br>3-ПК-<br>2,<br>У-<br>ПК-2,<br>В-<br>ПК-2,<br>3-ПК-<br>2,<br>У-<br>ПК-2,<br>В-<br>ПК-2,<br>3-ПК-<br>5,<br>У-<br>ПК-5,<br>В-<br>ПК-5,<br>3-ПК-<br>6,<br>У-<br>ПК-6,<br>В-<br>ПК-6,<br>3-ПК-<br>7,<br>У-<br>ПК-7,<br>В-<br>ПК-7,<br>3-ПК-<br>7.1,<br>У-<br>ПК-<br>7.1,<br>В-<br>ПК-<br>7.1,<br>3-ПК-<br>7.2, |
|--|--|--|--|--|--|--|---|

|  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  | У-<br>ПК-<br>7.2,<br>В-<br>ПК-<br>7.2,<br>3-ПК-<br>8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>8,<br>У-<br>ПК-8,<br>В-<br>ПК-8,<br>3-ПК-<br>10.1,<br>У-<br>ПК-<br>10.1,<br>В-<br>ПК-<br>10.1,<br>3-ПК-<br>2,<br>У-<br>ПК-2,<br>В-<br>ПК-2,<br>3-ПК-<br>2,<br>У-<br>ПК-2,<br>В-<br>ПК-2,<br>3-ПК-<br>5,<br>У-<br>ПК-5 |
|--|--|--|--|--|--|--|---|

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование  |
|-------------|----------------------|
| СК          | Семестровый контроль |
| КИ          | Контроль по итогам   |

|    |                 |
|----|-----------------|
| Э  | Экзамен         |
| КП | Курсовой проект |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недел<br>и | Темы занятий / Содержание  | Лек.,<br>час.          | Пр./сем.<br>, час. | Лаб.,<br>час. |
|------------|--|------------------------|--------------------|---------------|
|            | <i>8 Семестр</i>   | 0                      | 36                 | 0             |
| 1-8        | <b>Выбор тепловой схемы АЭС. Выбор турбины. Определение термического К.П.Д. и К.П.Д. “брутто” АЭС.</b>   | 0                      | 18                 | 0             |
| 1          | <b>Индивидуальные данные задания на КП включают такие параметры как:</b><br>Электрическая мощность АЭС и прототип ядерного реактора  | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 2          | <b>Индивидуальные данные задания на КП включают такие параметры как:</b><br>Давление и температура на выходе из реактора.  | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 3          | <b>Индивидуальные данные задания на КП включают такие параметры как:</b><br>Число петель в схеме АЭС.  | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 4          | <b>Индивидуальные данные задания на КП включают такие параметры как:</b><br>Давление свежего пара.   | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 5          | <b>Индивидуальные данные задания на КП включают такие параметры как:</b><br>Конструктивный прототип парогенератора с указанием литературы. Приветствуется самостоятельный, аргументированный выбор конструкции парогенератора после ознакомления с прототипом. | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 2                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 6          | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Т-Q - диаграмма, выбор паровой турбины, оценка коэффициента полезного действия нетто.  | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 2                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 7          | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Выбор и расчет тепловой схемы АЭС и представление ее с параметрами в формате А1.   | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 2                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 9-15       | <b>Эскизное проектирование и прочностной расчет парогенератора.</b>  | 0                      | 18                 | 0             |
| 8          | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Расчет термического КПД, и КПД - брутто.   | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |
|            |  | Онлайн                 |                    |               |
| 0          | 0  | 0                      |                    |               |
| 9          | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b>   | Всего аудиторных часов |                    |               |
|            |  | 0                      | 3                  | 0             |

|    |  |                        |   |   |
|----|--|------------------------|---|---|
|    | Выбор конструктивного типа парогенератора ( ПГ ).  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 10 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Определение коэффициентов теплопередачи по зонам ПГ и необходимых площадей поверхностей теплообмена.   | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 11 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Компоновка поверхностей теплообмена в ПГ и эскизная схема конструкции ПГ.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 12 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Основные прочностные расчеты.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 13 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Гидравлический расчет ПГ и определение КПД - нетто.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 14 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Чертеж общего вида ПГ и чертежи трех, оговоренных с консультантом, узлов ПГ.   | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |
| 15 | <b>В результате выполнения задания на КП в виде отчетного материала и чертежей представляются:</b><br>Пояснительная записка, включающая Т-Q диаграмму, все расчеты, схему АЭС, оптимизационный поиск и мотивированные выборы скоростей рабочего тела и теплоносителя, элементов конструкции. | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |  | 0                      | 2 | 0 |
|    |  | Онлайн                 |   |   |
|    |  | 0                      | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |
| ИС          | Интерактивный сайт               |

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели | Темы занятий / Содержание   |
|--------|---|
|        | <i>8 Семестр</i>  |
| 1 - 3  | <b>Выбор и расчет параметров схемы ЯЭУ. Первичный тепловой расчет, подготовка данных для физического расчета.</b><br>Выбор и расчет параметров схемы ЯЭУ. Первичный |

|       |  |
|-------|--|
|       | тепловой расчет, подготовка данных для физического расчета.  |
| 4 - 5 | <b>Расчет нейтронно-физических параметров АЗ.</b><br>Расчет нейтронно-физических параметров АЗ.  |
| 6 - 8 | <b>Расчет поля нейтронов. Оценка неравномерности тепловыделения. Конструирование элементов АЗ.</b><br>Расчет поля нейтронов. Оценка неравномерности тепловыделения. Конструирование элементов АЗ.  |
| 9     | <b>Поверочный тепловой расчет. Конструирование реактора. Прочностные и гидравлические расчеты</b><br>Поверочный тепловой расчет. Конструирование реактора.<br>Прочностные и гидравлические расчеты |
| 10    | <b>Систематизация расчетов.</b><br>Систематизация расчетов.  |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-10.1     | З-ПК-10.1           | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-10.1           | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | В-ПК-10.1           | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
| ПК-2        | З-ПК-2              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-2              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | В-ПК-2              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
| ПК-5        | З-ПК-5              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-5              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | В-ПК-5              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
| ПК-6        | З-ПК-6              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-6              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | В-ПК-6              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
| ПК-7        | З-ПК-7              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-7              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | В-ПК-7              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
| ПК-8        | З-ПК-8              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |
|             | У-ПК-8              | КП, Э, СК-8, КИ-15                |

|        |          |                    |
|--------|----------|--------------------|
|        | В-ПК-8   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
| ПК-2   | З-ПК-2   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | У-ПК-2   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | В-ПК-2   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
| ПК-7.1 | З-ПК-7.1 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | У-ПК-7.1 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | В-ПК-7.1 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
| ПК-7.2 | З-ПК-7.2 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | У-ПК-7.2 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | В-ПК-7.2 | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
| ПК-8   | З-ПК-8   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | У-ПК-8   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |
|        | В-ПК-8   | КП, Э, СК-8, КИ-15 |

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84        |                               | C           |   |
| 70-74        |                               | D           |   |
| 65-69        | 3 – «удовлетворительно»       | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.    |
| 60-64        |                               |             |   |
| Ниже 60      | 2 – «неудовлетворительно»     | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило,   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|--|--|--|---|

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ N91 Nuclear Thermal Hydraulics : , Tokyo: Springer Japan, 2016
2. ЭИ Д26 Основы расчета судовых ЯЭУ : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. 621.039 С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. ЭИ Я34 Ядерные реакторы с водой сверхкритического давления (основы теплового расчета) : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
6. 621.039 Я34 Ядерные реакторы с водой сверхкритического давления (основы теплового расчета) : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
7. ЭИ Щ95 Проектирование ядерно-энергетических установок космического назначения. Нейтронно-физический расчет : учебно-методическое пособие, Н. В. Шукин, С. Д. Романин, Н. П. Киселев, Москва: МИФИ, 2009
8. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.1 Теплогидравлические процессы в ЯЭУ, П. Л. Кириллов [и др.], Москва: ИзДАТ, 2010

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 3-15 Задачник по теплообмену в ЯЭУ : Учеб. пособие, В. В. Архипов [и др.], М.: МИФИ, 1992
2. 536 Д26 Решение задач теплообмена на ЭВМ : Пособие к лаб. практикуму по курсу "Теория теплопереноса", В. И. Деев, И. Г. Меринов, М.: МИФИ, 2000
3. 536 И85 Теплопередача : Учебник для вузов, В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел, М.: Энергоиздат, 1981
4. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, В.И.Деев, Москва: МИФИ, 2004

5. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : , П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская, Москва: Энергоатомиздат, 2000

6. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская, Москва: ИздАТ, 2008

7. 536 Т33 Теория тепломассообмена : Учебник для вузов, Под ред. А.И. Леонтьева, М.: Высш. школа, 1979

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

**LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru))
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Дисциплина имеет серьезный объем задач и потребует столь же больших временных затрат.

График отдельных этапов работы сообщается студентам в самом начале занятий, оценивается трудоемкость этапов, сложные моменты, которые могут затруднить выполнение задания из-за неудачных выборов при конструировании. За своевременное выполнение этапов работ преподавателем начисляются рейтинговые оценки, они учитываются в общей оценке хода выполнения задания, а потом и при промежуточной аттестации. Работы, выполняемые с опережением графика, поощряются бонусными оценками за досрочную сдачу. С другой стороны, проекты, предоставленные без рейтинговых оценок за своевременную сдачу этапов работы, свидетельствуют о низком качестве выполнения проекта.

Защита задания сопровождается проверкой знаний по одноименному учебному курсу, поэтому необходимо заново просмотреть материалы занятий.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач расчета ядерных энергетических установок на основе строгих научных методов. При построении дисциплины учтено, что студенты имеют входные компетенции. При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература.

Первая часть порядка расчета канала реактора с кипящим, некипящим теплоносителем или теплоносителем сверхкритических параметров. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач, характерных для ядерных энергетических установок. Чтение лекций и проведение семинарских занятий рекомендуется проводить в интерактивных классах. Сложные и многочисленные расчеты не должны затенять сути излагаемых методов, поэтому рекомендуется широко использовать системы символьной математики.

То же относится ко второй части курса, где излагаются методы обоснования безопасности.

В третьей части курса описываются системы безопасности различных типов реакторов. В процессе преподавания здесь рекомендуется широко использовать презентации, а сами занятия проводить в интерактивных классах. Особое внимание студентов следует обратить на интернет-ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения этой части рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Для закрепления теоретического материала дисциплина содержит большое количество задач для самостоятельного решения и контрольные вопросы (банк тестовых заданий) для проверки знаний. Для проверки и закрепления практических навыков студентам предлагается выполнить индивидуальное домашнее задание, а также два теста.

Автор(ы):

Куценко Кирилл Владленович, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С.